



К.И.РУДАЯ

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ТЕПЛОВОЗОВ

устройство
и
ремонт



К. И. РУДАЯ

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ТЕПЛОВЗОВ

**устройство
и
ремонт**

**ИЗДАНИЕ ПЯТОЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ
И ДОПОЛНЕННОЕ**

**Утверждено
Главным управлением учебными заведениями МПС
в качестве учебника для технических школ
железнодорожного транспорта**



МОСКВА «ТРАНСПОРТ» 1981

ББК 39.23
Р83
УДК 629.424.1.064.5(075)

Рецензент инж. А. В. Кабаков

- Рудая К. И.
Р83 Электрическое оборудование тепловозов: Устройство и ремонт; учебник для техн. школ ж.-д. трансп. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Транспорт, 1981. 287 с., ил., табл.

Описаны принципы работы электрической передачи, приведена конструкция тяговых и вспомогательных электрических машин, аккумуляторных батарей и электрических аппаратов тепловозов 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В, ТЭМ2 и 2ТЭ116. Рассмотрены основные неисправности и ремонт электрического оборудования, схемы электрических соединений, особенности конструкций машин и аппаратов тепловозов ТЭ3.

5-е издание дополнено описанием конструкции и ремонта нового оборудования электрической передачи переменного-постоянного тока.

Р 31802-073 73-81 3602030000
049(01)-81

ББК 39.23
6Т1.2

© Издательство «Транспорт», 1973

© Издательство «Транспорт», 1981,

ВВЕДЕНИЕ

1. НАЗНАЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

Наиболее просто энергию дизеля передавать непосредственно на движущие оси тепловоза. Для этого достаточно было бы соединить коленчатый вал дизеля с колесами локомотива (тепловоз непосредственного действия). Такая простая конструкция, к сожалению, неработоспособна, и это объясняется особенностями работы дизеля.

Дизель можно нагружать только при частоте вращения коленчатого вала, равной примерно $1/3$ номинальной частоты вращения, мощность его увеличивается при увеличении частоты вращения коленчатого вала, наконец, дизель имеет малую способность к перегрузке.

Вращающий момент дизеля почти не зависит от частоты вращения его вала (при постоянной подаче топлива). Сила тяги F_k тепловоза при непосредственной передаче также не зависит от частоты вращения коленчатого вала. Поэтому зависимость силы тяги от скорости у такого тепловоза изобразится линией 1 (рис. 1). Такая *тяговая характеристика* не обеспечивает трогание и разгон поезда. На тепловозе необходимо устанавливать дополнительный двигатель для разгона. Дизель с полной нагрузкой сможет работать только на руководящем подъеме, а на более легких участках профиля он будет недогружен. *Идеальная тяговая характеристика* тепловоза должна иметь гиперболическую зависимость (кривая 2 на рис. 1), которая обеспечивает изменение силы тяги обратно пропорционально скорости движения. Сравнение кривых 1 и 2 показывает, что для получения характеристики, обеспечивающей эффективную работу тепловоза, необходимо устанавливать промежуточное устройство. Устройство, предназначенное для передачи мощности от коленчатого вала дизеля к колесным парам, называется *передачей*.

Передача тепловоза должна обеспечивать силу тяги в момент трогания и разгона поезда, намного превышающую по значению силу тяги при номинальном режиме, а также использование полной мощности дизеля во всем диапазоне скоростей движения локомотива, т. е. режим дизеля может сохраняться неизменным при различных условиях движения поезда. Передача также должна обеспечить пуск дизеля и работу его на холостом ходу, изменение направления движения

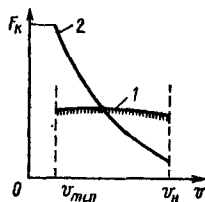


Рис. 1. Зависимость силы тяги F_k тепловоза от скорости движения v

тепловоза при постоянном направлении вращения вала дизеля. Тяговая передача должна обладать высокой надежностью и долговечностью, минимальной массой и стоимостью, высоким к. п. д. на всех режимах работы, минимальными затратами на обслуживание и ремонт.

На тепловозах применяются три типа передач: *электрическая, гидравлическая и механическая*. Наибольшее распространение на тепловозах получила электрическая передача, которая по многим показателям является наиболее эффективной. На тепловозах применяют электрические *передачи постоянного, переменного-постоянного и переменного тока*. Преимущественное распространение в мировой практике имеет передача на постоянном токе, но в связи с увеличением мощности тепловозов получает широкое распространение передача переменного-постоянного тока.

Электрическая передача постоянного тока состоит из тягового генератора G , приводимого во вращение дизелем D , тяговых электродвигателей $1, 2$, расположенных на движущих колесных парах тепловоза, а также ряда вспомогательных машин и аппаратов (рис. 2, а). Передачу постоянного тока имеют магистральные тепловозы ТЭЗ, ТЭ10, ТЭП60, М62, 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В и маневровые ТЭ1, ТЭ2, ТЭМ1 и ТЭМ2.

Передача позволяет автоматически приспосабливаться к условиям движения поезда. Сила тяги, создаваемая тяговыми электродвигателями, увеличивается при возрастании сопротивления движению и уменьшении скорости и, наоборот, уменьшается при падении сопротивления движению и увеличении скорости. *Особенностью электрической передачи является независимость силы тяги тепловоза от вращающего момента и мощности дизеля*, т. е. можно получить большую силу тяги при малой мощности дизеля и малую силу тяги при его большой мощности. Сила тяги у тепловоза с электрической передачей (при данной мощности дизеля) ограничивается нагреванием тяговых электрических машин (генератора и электродвигателя), которые допускают большую кратковременную перегрузку. Ее используют во время трогания поезда и преодоления крутых подъемов небольшой длины.

Для того чтобы мощность дизеля поддерживалась постоянной, *сила тяги должна автоматически изменяться обратно пропорционально скорости*, т. е. при увеличении силы тяги, например, в два раза, скорость тепловоза должна уменьшаться также в два раза.

Дизель-генераторный агрегат и тяговые электродвигатели тепловоза конструктивно между собой не связаны, что дает возмож-

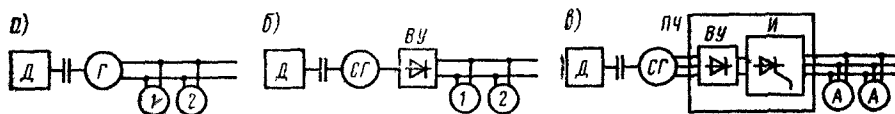


Рис 2 Схемы передачи:

а — на постоянном токе, б — на переменном-постоянном токе, в — на переменном токе

ность создать наиболее простую систему передачи энергии на движущие колеса. Электрическая передача обеспечивает сочлененную работу нескольких секций (по системе многих единиц), управляемых с одного поста. Недостатками передачи являются ее большая масса, высокая стоимость и повышенный расход цветных металлов по сравнению с другими видами передач.

Тепловозы с этим видом передачи имеют сравнительно высокий к. п. д. на ободах колес (28—30%), тяговую характеристику, приближающуюся к идеальной, плавное трогание с места, простоту и надежность в управлении.

Секционная мощность тепловозов за послевоенные годы увеличилась с 736 до 2210 кВт, но для ряда направлений железных дорог уже сейчас требуется большая мощность. Создание более мощных тепловозов с электрической передачей постоянного тока вызывает много затруднений, главным из которых является неудовлетворительная коммутация тяговых генераторов постоянного тока.

Практически тяговые генераторы постоянного тока при частоте вращения 1000 об/мин и номинальной мощности 2000 кВт не могут обеспечить удовлетворительную коммутацию, поэтому применяют передачу переменного-постоянного тока, в которой вместо генератора постоянного тока устанавливается синхронный генератор и выпрямительная установка. Тяговые синхронные генераторы сокращают затраты меди и высоколегированной электротехнической стали, практически снимают ограничение по частоте вращения, уменьшают стоимость и трудоемкость изготовления. Изготовление опытного тягового синхронного генератора ГС-501 оказалось дешевле, чем серийного тягового генератора постоянного тока ГП-311, при примерно одинаковой мощности.

Синхронные генераторы более надежны в работе и требуют меньше ухода в эксплуатации из-за отсутствия щеточно-коллекторного аппарата. Применение синхронных генераторов на тепловозах не могло быть осуществлено из-за отсутствия надежных малогабаритных выпрямительных установок. Развитие силовой полупроводниковой техники дало возможность создать выпрямители, отвечающие условиям эксплуатации тепловозов.

В СССР первые тепловозы типа ТЭ109 с передачей переменного-постоянного тока, разработанной харьковским заводом «Электро-тяжмаш», были выпущены в 1967 г. Ворошиловградским тепловозостроительным заводом. В настоящее время передачу переменного-постоянного тока имеют магистральные тепловозы 2ТЭ116, ТЭП70, 2ТЭ121, ТЭП75 и маневрово-вывозной тепловоз ТЭМ7.

При передаче переменного-постоянного тока (рис. 2, б) дизель вращает вал трехфазного синхронного генератора СГ, напряжение которого подводится к выпрямительной установке ВУ и после выпрямления к электродвигателям постоянного тока 1, 2. Применение тяговых электродвигателей постоянного тока обычного исполнения обуславливает низкий коэффициент пульсации напряжения и ее высокую частоту. Для снижения пульсаций генератор имеет две обмотки статора, соединенные в звезду со сдвигом на 30° эл., а вы-

прямительная установка выполнена с двумя параллельными мостами. Такая схема уменьшает пульсацию напряжения в 2—3 раза и увеличивает примерно в 2 раза частоту.

На тепловозах с электрической передачей постоянного тока применяют электрический пуск дизеля. Для этого на главных полюсах тяговых генераторов укладывают, кроме обмотки независимого возбуждения, пусковую обмотку, получающую питание от аккумуляторной батареи только во время пуска дизеля. При пуске тяговый генератор работает в режиме двигателя с последовательным возбуждением и приводит во вращение коленчатый вал дизеля. В передачах переменного-постоянного или переменного тока для пуска дизеля используют стартер-генераторы. Ведутся работы по использованию синхронных генераторов для пуска дизеля.

В электрической передаче переменного тока используют в качестве тягового генератора синхронный генератор, а в качестве тяговых электродвигателей — асинхронные короткозамкнутые двигатели. Такие двигатели при одинаковых параметрах с двигателями постоянного тока имеют меньшие габариты, в 1,2—1,4 раза легче, в 2—3 раза дешевле, практически не имеют ограничений по силе тяги и току и обладают большой надежностью в эксплуатации из-за отсутствия щеточно-коллекторного аппарата. Для условий тяги регулирование частоты вращения ротора асинхронного короткозамкнутого двигателя может производиться изменением частоты подводимого напряжения или числа полюсов.

Переменное напряжение тягового синхронного генератора $СГ$ подается на выпрямительную установку $ВУ$ (рис. 2, $в$), выпрямленное напряжение подводится к тиристориному инвертору $И$, где оно преобразуется в переменный ток регулируемой частоты, которым питаются асинхронные двигатели $А$. Передача переменного тока обеспечивает более простой переход от режима тяги к электрическому торможению.

Такой тип передачи имеет опытный тепловоз ТЭ120.

2. РАБОТА ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Мощность дизеля регулируют изменением частоты вращения коленчатого вала. При такой регулировке к. п. д. дизеля остается почти постоянным в широких пределах изменения частоты вращения, поэтому на тепловозах с электрической передачей применяют

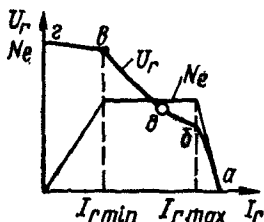


Рис 6 Внешняя характеристика тягового генератора и изменение мощности дизеля

ab — зона ограничения по току; bc — зона использования полной мощности дизеля; cd — зона ограничения по возбуждению (напряжению), U_G — напряжение тягового генератора, I_G — ток генератора; N_e — мощность дизеля

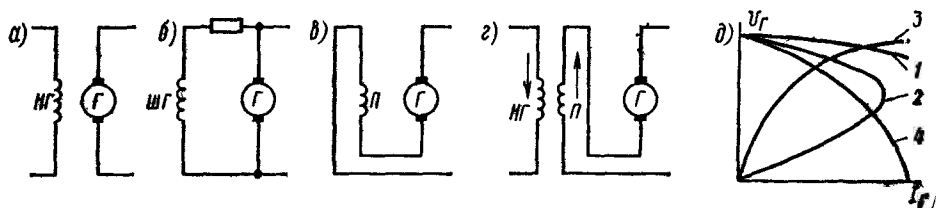


Рис. 4. Схемы возбуждения генераторов:

а — независимого возбуждения; *б* — параллельного; *в* — последовательного; *г* — смешанного возбуждения; *д* — внешние характеристики

ступенчатое (обычно 8—16 позиций контроллера) или непрерывное изменение частоты вращения вала дизеля при полном использовании наибольшего вращающего момента.

Несмотря на то что для дизеля обычно устанавливается несколько ступеней мощности, основным является режим, соответствующий полной мощности, которая должна поддерживаться постоянной в широком диапазоне скоростей движения тепловоза.

Постоянство мощности дизеля может быть легко достигнуто с помощью электрической передачи. Для этого достаточно, чтобы *произведение тока тягового генератора на напряжение было постоянным*. В этом случае графически внешняя характеристика генератора (зависимость напряжения от тока при постоянной частоте вращения n), так же как и тяговая характеристика, имеет гиперболическую зависимость (линия *бв* на рис. 3).

Электрический генератор общепромышленного исполнения не может обеспечить такую характеристику. Действительно, если генератор имеет независимое возбуждение (рис. 4, *а*), т. е. ток в катушках главных полюсов не изменяется, то внешняя характеристика такого генератора будет близка к горизонтальной линии (рис. 4, *д*, кривая 1). С ростом нагрузки напряжение генератора несколько уменьшается за счет падения напряжения в обмотке якоря. Генераторы с параллельным (шунтовым) возбуждением (рис. 4, *б*) имеют более падающую характеристику (см. рис. 4, *д*, кривая 2), так как с увеличением нагрузки снижается напряжение и одновременно уменьшается ток возбуждения, а это приводит к дополнительному уменьшению напряжения. У генераторов с последовательным (сериесным) возбуждением (рис. 4, *в*) при увеличении тока нагрузки напряжение возрастает (кривая 3, рис. 4, *д*), так как ток нагрузки равен току возбуждения. Генераторы со смешанным (противокомпаундным) возбуждением (рис. 4, *г*) имеют на главных полюсах две обмотки — независимую и последовательную, причем магнитодвижущие силы этих обмоток действуют противоположно и имеют резко падающую характеристику (кривая 4)¹.

На тепловозах применяются тяговые генераторы с независимым возбуждением, а создание гиперболической внешней характери-

¹. Такие генераторы иногда применяются на тепловозах малой мощности, дизель-поездах и автомотрисах.

ки их обеспечивается системами автоматического регулирования возбуждения, которые могут быть электромашинными (со специальными возбудителями), с использованием магнитных усилителей или полупроводниковых элементов (тириستоров).

Чтобы обеспечить плавное трогание и разгон тепловоза, электрическая передача автоматически ограничивает ток тягового генератора. Характеристика ограничения тока (см. рис. 3, линия *аб*) должна быть по возможности близка к линии постоянного тока генератора. Участок *аб* характеризуется большими токами и низкими напряжениями генератора. В этом случае мощность дизеля используется не полностью, но зато реализуется максимальная сила тяги.

На современных тепловозах применяется также автоматическое ограничение напряжения тягового генератора при больших скоростях движения, что позволяет уменьшить габариты генератора и защитить элементы силовой цепи тепловоза (линия *вг*) от высокого напряжения.

Участок *вг* характеризуется малыми токами генератора, т. е. низкими значениями силы тяги тепловоза, наибольшим напряжением и недоиспользованием мощности генератора и дизеля.

3. ПРИНЦИПЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЯГОВОГО ГЕНЕРАТОРА

Наиболее важными характеристиками тяговых генераторов тепловозов являются внешняя характеристика для номинальной мощности и промежуточных позиций контроллера машиниста (частичных нагрузок) и зависимость потока главных полюсов от тока возбуждения при постоянной частоте вращения (характеристика холостого хода).

Основное требование к внешней характеристике — обеспечить в зоне рабочих токов (от $I_{г\min}$ до $I_{г\max}$) работу дизеля с полной мощностью при постоянной частоте вращения. Для этого в рабочей зоне она должна иметь форму гиперболы (см. рис. 3, участок *бв*), т. е. мощность генератора должна быть постоянной. Режим генератора по току как бы задается в зависимости от сопротивления движению на данном участке профиля пути (определяется вращающим моментом тяговых электродвигателей). Поэтому мощность генератора можно регулировать, изменяя его напряжение соответственно заданному току. На магистральных и маневровых тепловозах применяют схемы электрических передач, работающих при постоянной частоте вращения вала дизеля на данной позиции контроллера.

Электродвижущая сила (э. д. с.) E генератора пропорциональна частоте вращения n_r и магнитному потоку Φ ($E = C_e n_r \Phi$, где C_e — постоянная для данного генератора), а так как n_r генератора неизменно, то напряжение можно регулировать только изменением магнитного потока. Тяговые генераторы тепловозов имеют независимое возбуждение, а обмотка независимого возбуждения получает питание от специальных возбудителей с расщепленными полюсами

(см. гл. I), от магнитных усилителей (см. гл. II) или от устройств, использующих полупроводниковые элементы — тиристоры (см. гл. IV).

Изменение напряжения генератора, определяемое собственными характеристиками генератора и возбудителя или магнитного усилителя (без участия каких-либо внешних регулирующих устройств), называют *саморегулированием генератора*.

Схемы саморегулирования с гиперболической внешней характеристикой генератора в зоне рабочих токов применены на тепловозах ТЭ1, ТЭ2, ТЭ3 и ТЭМ2. Они основаны на использовании для возбуждения тягового генератора специальных возбудителей. Схемы саморегулирования с наклонными прямолинейными участками внешней характеристики тягового генератора в зоне рабочих токов осуществлены на тепловозах типов ТЭ10 и ТЭП60, а также на тепловозе 2ТЭ116. На первых в системе возбуждения генератора используются магнитные усилители, на вторых — тиристоры.

На современных тепловозах применяют схемы автоматического регулирования, обеспечивающие получение гиперболической характеристики (использование полной мощности дизеля) за счет специальных автоматических регуляторов в дополнение к саморегулированию. Такие схемы применены на тепловозах ТЭ3, ТЭ10, ТЭП60, 2ТЭ10Л и 2ТЭ10В, М62, ТЭМ1, ТЭМ2, 2ТЭ116, ТЭП70, ТЭМ7, 2ТЭ121 (см. гл. IV).

ГЛАВА I

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

4. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Расположение электрического оборудования на тепловозе. Тяговые электрические машины тепловозов по назначению делятся на тяговые генераторы, тяговые электродвигатели и вспомогательные электрические машины. Вспомогательные генераторы и электродвигатели, возбудители и преобразователи предназначены для обслуживания собственных нужд тепловоза. Расположение основного электрического оборудования разберем на примере магистрального тепловоза 2ТЭ10В (рис. 5).

В средней части кузова на раме тепловоза размещен дизель-генераторный агрегат. Ток, вырабатываемый тяговым генератором 38, поступает к шести тяговым электродвигателям 30. От вала тягового генератора через распределительный зубчатый редуктор приводится во вращение двухмашинный агрегат 8, установленный под полом кабины машиниста, и вентилятор охлаждения тяговых электродвигателей передней тележки. Через задний редуктор от вала дизеля приводится в действие вентилятор охлаждения тяговых электродвигателей задней тележки и синхронный подвозбудитель.

Аккумуляторная батарея 33, размещенная в четырех ящиках, расположена под полом дизельного помещения в специальных отсеках по обеим сторонам дизеля. Вдоль стенок кузова в передней части дизельного помещения находятся левая 40 и правая 42 высоковольтные камеры, в которых установлена электрическая аппаратура. Ряд аппаратов помещен на дизель-генераторе и пульте управления.

Под левой высоковольтной камерой на настиле рамы тепловоза установлен стабилизирующий трансформатор 45, а под правой — два трансформатора постоянного тока 43.

Регулирование частоты вращения якоря тягового электродвигателя. Частота вращения якоря электродвигателя прямо пропорциональна напряжению на его зажимах и обратно пропорциональна магнитному потоку, создаваемому главными полюсами, т. е.

$$n_{\text{тд}} = \frac{U - IR}{C_{\phi} \Phi},$$

где $n_{\text{тд}}$ — частота вращения якоря электродвигателя, об/мин;

U — напряжение на зажимах, В;

Φ — магнитный поток, Тл;

IR — падение напряжения, В.

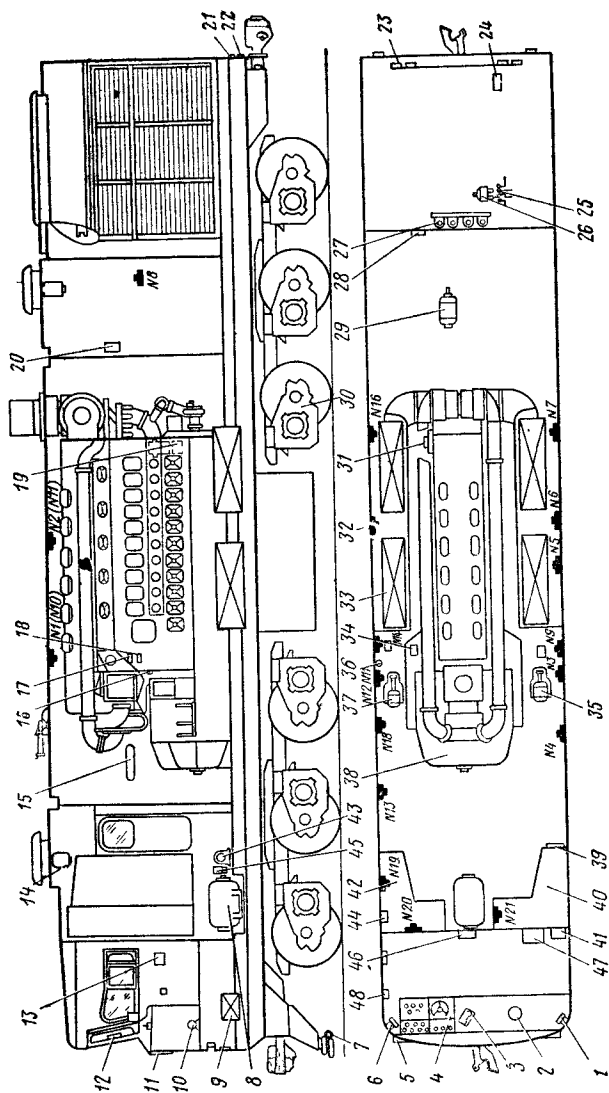


Рис. 5. Расположение электрооборудования на тепловозе:

1 — вентилятор кабины машиниста (с 1975 г. не устанавливается); 2 — электроплита; 3 — пульт управления радиостанцией (блок № 5); 4 — пульт управления тепловозом; 5 — буферный фонарь; 6 — speedometer; 7 — приемные катушки АЛСН; 8 — двухмашинный агрегат; 9 — ашик дешифратора и усилителя ЯДУ; 10 — электродвигатель вентилятора; 11 — прожектор; 12 — лампы АЛСН; 13 — электронематический клапан ЭПК; 14 — электродвигатель вентилятора кузова; 15 — световой номер; 16 — блокровка вагоноротно; 17 — реле сброса ЭПК; 18 — реле останова дизеля РДМ-1; 19 — коробка распределителя Д на дизеле; 20 — комбинированное реле КРД-2; 21 — нагнетатель РДК-3; 22 — задний белый буферный фонарь; 23 — розетки межтепловозного соединения; 24 — электронематический клапан красной краски КЛП-2; 25, 26 — концевые выключатели автомата; 27 — электронематический клапан ВКМ; 28 — тяговые электродвигатели; 29 — синхронный подвозбудитель ВС-652; 30 — коробка распределительная К; 31 — объединенный регулятор дизеля; 32 — датчик пожарной сигнализации; 33 — аккумуляторные батареи (блоки № 13, 15, 16, 17ШР); 37 — электродвигатель; 38 — электродвигатель топливонасоса; 39 — антенно-согласующее устройство радиостанции (блок № 4); 40 — левая высоковольная камера; 41 — блок питания радиостанции (блок № 4); 42 — правая высоковольная камера; 43 — трансформатор постоянного тока ТПТ-1, ТПТ-3; 44 — зажимный набор освещения и вспомогательных цепей; 45 — трансформатор стабилизатор; 46 — громкоговоритель радиостанции (блок № 7); 47 — приемопередатчик радиостанции (блок № 7); 48 — кнопки маневровой работы КМР; цифры со знаком № относятся к пожарной сигнализации

Из формулы следует, что $n_{тд}$ можно регулировать либо изменением подводимого к зажимам электродвигателя напряжения, либо изменением магнитного потока. На тепловозах применяют оба способа регулирования частоты вращения якоря.

Подводимое напряжение можно изменять:

1) перестановкой главной рукоятки или штурвала контроллера машиниста с одной позиции на другую, изменяя частоту вращения вала дизеля, а следовательно, и напряжение тягового генератора;

2) изменением схемы соединения тяговых электродвигателей, например, с последовательной на последовательно-параллельную.

Магнитный поток (поле возбуждения) регулируют шунтированием обмотки возбуждения, применяя для этого параллельное подключение резистора. При полном поле ток якоря проходит по обмотке возбуждения. Если же подключим шунтирующие резисторы, то по обмотке возбуждения пройдет только часть тока якоря. Так как магнитный поток определяет магнитодвижущая сила (м. д. с.), т. е. ампер-витки обмотки возбуждения, то, следовательно, с уменьшением тока магнитный поток также уменьшается, а $n_{тд}$ возрастает.

Мощность электрических машин. Потребляемая мощность машины измеряется в ваттах или киловаттах и является произведением тока на напряжение:

для машин постоянного тока

$$P = IU, \text{ или } P = \frac{IU}{1000},$$

для машин переменного тока

$$P = IU \cos \varphi,$$

где $\cos \varphi$ — коэффициент мощности.

Превращение одного вида энергии в другой, т. е. электрической энергии в механическую (электродвигатель) или механической в электрическую (генератор), сопровождается рядом потерь. Основными потерями являются:

1) электрические потери $\Delta P_{эл}$, возникающие при прохождении тока по обмоткам полюсов и якоря, коллектору, щеткам и др. Эти потери пропорциональны квадрату тока $\Delta P_{эл} \equiv I^2$;

2) потери в стали (магнитные) $\Delta P_{ст}$, возникающие вследствие перемагничивания сердечника якоря (гистерезис) и индуктирования вихревых токов; пропорциональны индукции B и частоте вращения: $\Delta P_{ст} \equiv B^2 n^{1,6}$;

3) механические потери от трения вала якоря в подшипниках, трения щеток о коллектор и сопротивления воздуха вращению якоря: $\Delta P_{мех} \equiv n$.

Все потери вызывают нагрев машины. Отношение полезной мощности (мощности на валу электродвигателя или на зажимах генератора) к потребляемой мощности (электрической мощности, потребляемой электродвигателем, или механической мощности, за-

трачиваемой на вращение якоря генератора) называется *коэффициентом полезного действия* машины η . К. п. д. тепловозных тяговых генераторов составляет 0,94—0,96, а тяговых электродвигателей 0,90—0,94.

Для электродвигателя полезная мощность

$$P_{\text{тд}} = \frac{U_{\text{тд}} I_{\text{тд}}}{1000} \eta_{\text{тд}},$$

где $U_{\text{тд}}$ — напряжение, подводимое к электродвигателю, В;

$I_{\text{тд}}$ — ток, потребляемый двигателем, А.

Полезная мощность генератора

$$P_{\text{г}} = \frac{U_{\text{г}} I_{\text{г}}}{1000}.$$

Полную мощность генератора находим по формуле

$$P_{\text{г, полн}} = \frac{P_{\text{г}}}{\eta_{\text{г}}}.$$

Мощность электрической машины ограничивается температурой его частей, главным образом обмоток и коллектора. Допускаемая температура зависит от класса изоляции.

Изоляция, кривые нагревания и охлаждения электрических машин. Для тепловозных тяговых электродвигателей и тяговых генераторов установлен продолжительный номинальный режим.

Продолжительный режим тягового электродвигателя определяется наибольшим током, который не вызывает превышения температур частей электродвигателя выше допустимых, установленных ГОСТ 2582—72, при работе его на испытательном стенде неограниченно долго при номинальном напряжении и требуемой вентиляции.

Для тягового генератора установлены два продолжительных режима для низшего напряжения (номинальный) и при высшем напряжении. Так как тяговые машины тепловоза работают при резко меняющихся нагрузках, то и температура этих машин достигает предельной или при сравнительно небольшой нагрузке в течение длительного времени, или при очень большой нагрузке в течение короткого промежутка времени. Соответственно этому различают ток продолжительного режима и максимальный кратковременный ток.

Ток продолжительного режима (продолжительный) — наибольший ток при номинальном режиме работы электрической машины, при котором предельно допустимое превышение температур обмоток над температурой охлаждающего воздуха (перегрев) достигло установленного значения, соответствующего данному классу изоляции.

Тяговые генераторы и электродвигатели тепловозов ТЭ1, ТЭ2, ТЭЗ¹ и ТЭМ2 имеют изоляцию класса В. К изоляции класса В от-

¹ Катушки главных полюсов тягового генератора имеют кремнийорганическую изоляцию.

носятся слюда, асбест и стекловолочно с органическими связующими и пропитывающими составами. На тяговых машинах более мощных тепловозов применена изоляция классов F и H с кремнийорганическими связующими и пропитывающими составами.

Предельно допустимые превышения температур обмоток (измеренные методом сопротивления) и коллектора (измеренные методом термометра) при продолжительном режиме тяговых машин следующие:

Класс изоляции	B	F	H
Обмотка якоря, °C	120	140	160
Обмотка возбуждения, °C	130	155	180
Коллектор, °C	95	95	105

При больших перегревах происходит разрушение изоляции.

Процесс нагревания обмоток электрических машин происходит постепенно. При различных токах нагрузки он может быть изображен в виде кривых, если по горизонтальной оси отложить время t , а по вертикальной превышение температуры τ (рис. 6). Каждая кривая соответствует определенному току I_r якоря при 850 об/мин вала генератора.

Как видно из рис. 6, при любом токе превышение температуры обмотки возрастает сначала быстро (за 30 мин он достигает 50% установившегося), а затем медленно приближается к определенному значению — так называемому *установившемуся превышению температуры* τ_y (через 180—249 мин). Чем больше ток, тем больше установившееся превышение температуры (при $I_r=1800$ А $\tau_y=76^\circ\text{C}$; при $I_r=2400$ А $\tau_y=102^\circ\text{C}$). Кривые нагревания показывают, что если машина работает с током, большим продолжительного, но кратковременно, то перегрев обмоток не превысит допустимого.

Все рассмотренные примеры взяты при условии, что машина начинает работать с холодного состояния обмоток. На этом же рисунке показаны кривые остывания (падающие), позволяющие определить снижение перегрева обмотки (после прохождения тяжелого подъема), если ток нагрузки уменьшился. При тяговых расчетах

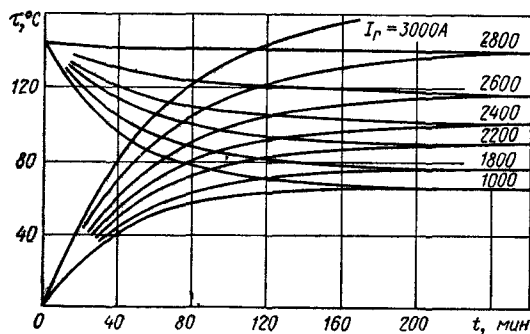


Рис. 6. Кривые нагревания и охлаждения якоря генератора МПТ-99/47.

масса поезда выбирается такой, чтобы превышения температуры обмоток не были выше допустимых по ГОСТ.

Всякая электрическая машина, в том числе и тепловозная, характеризуется данными номинального режима: мощностью, напряжением, током и частотой вращения якоря. Кроме того, для тяговых тепловозных электрических машин имеет боль-

шое значение наивысшее напряжение и ток, а также габарит и масса машины.

Вентиляция электрических машин. С повышением температуры электрической машины относительно температуры окружающей среды происходит отдача тепла. Тепло отводится от машины тем больше, чем быстрее сменяется воздух, соприкасающийся с нагретыми частями. Номинальная мощность машины зависит от применяемого класса изоляции и интенсивности охлаждения.

От машины можно получить тем большую мощность (без недопустимого перегрева ее частей), чем выше интенсивность охлаждения. Для интенсивной отдачи тепла в тепловозных электрических машинах применены две системы вентиляции: независимая (принудительная) и самовентиляция.

При независимой системе вентиляции устанавливают специальный вентилятор, нагнетающий охлаждающий воздух в машину со стороны коллектора и выбрасывающий его со стороны задних лобовых частей обмотки якоря или, наоборот, нагнетающий его со стороны лобовых частей и выбрасывающий со стороны коллектора. По первому типу устроена вентиляция всех тепловозных тяговых электродвигателей, по второму — тяговых генераторов мощных тепловозов типов ТЭ10 и ТЭП60. Независимая вентиляция является наиболее эффективной, так как позволяет применить высокопроизводительный вентилятор. При самовентиляции вентиляторное колесо, насаженное на вал якоря, всасывает воздух со стороны коллектора и выбрасывает его наружу. Так устроена система охлаждения у всех тепловозных генераторов, кроме указанных выше.

На всех тепловозных машинах применена параллельная вентиляция, т. е. один поток охлаждающего воздуха омывает поверхность коллектора, щеток, обмоток главных и добавочных полюсов, а также частично обмотку и сердечник якоря. Второй поток охлаждает коллектор изнутри, протекает по аксиальным или радиальным вентиляционным каналам (в зависимости от этого различают аксиальную и радиальную вентиляцию) сердечника якоря электрической машины и выбрасывается наружу.

5. ТЯГОВЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ

Тяговые генераторы предназначены для преобразования механической энергии дизеля в электрическую. Кроме того, в момент пуска дизеля генератор постоянного тока работает в режиме электродвигателя с последовательным возбуждением, приводящего в движение коленчатый вал. Условия работы тяговых электрических машин на тепловозе очень тяжелые. На них действуют многократные и одиночные удары, вибрации; они работают в условиях запыленного влажного воздуха и выпадения росы.

Тяговые машины должны нормально работать при изменении температуры окружающего воздуха от минус 50 до плюс 40°С, а в специальном исполнении — от минус 60 до плюс 40°С. Конструкция тяговых машин тепловозов отличается от стационарных ма-

Таблица 1

Тип генератора	Применен на тепловозе	Номинальная мощность, кВт	Ток продолжительного режима, А	Напряжение, В		Частота вращения, об/мин	Тип вентиляции	Тип обмотки якоря	Число главных полюсов	Число добавочных полюсов	Воздушный зазор под средней частью полюса, мм	Воздушный зазор под добавочным полюсом, мм	Число коллекторных пластин	Масса, кг
				номинальное	максимальное									
МПТ 99/47А	ТЭ3, ТЭ7	1350	2460	550	820	850	Самовентилиция	Лягушачья	8	8	5	11—12	444	7460
МПТ 84/39	ТЭ1, ТЭ2, ТЭМ1	700	1200	700	900	740	То же	Простая петлевая	8	8	4	6,8	380	4500
ГП-300Б	ТЭМ2	780	1210	645	870	750	»	То же	8	8	4	9	380	4800
МПТ 120/49	ТЭ10	2000	4260	470	700	850	Независимая	Лягушачья	10	10	5	13,5	465	9200
МПТ 120/55А	ТЭП60	2000	4260	470	700	750	То же	»	10	10	5	13,5	465	9650
ГП-311Б	ТЭП10Л, 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В	2000	4320	465	700	850	»	Петлевая двухходовая	10	10	5	13,5	465	8900
ГП-312	М62	1270	3570	356	570	750	»	Простая петлевая	10	10	5	9	444	7400
ГП-307	ТЭ3Л	1550	3450	450	650	850	»	То же	10	10	4	10	435	7500
МПТ 49/25	ТВ2	195	434	450	720	1500	»	Лягушачья	4	4	3	6	248	1850

Примечание На всех тепловозных генераторах установлены щетки марки ЭГ 14 или ЭГ-74 размером 12,5×32×55 мм.

шин еще и потому, что их габариты очень стеснены. Технические данные тепловозных генераторов сведены в табл. 1.

На тепловозах соединение тягового генератора с дизелем может быть выполнено двумя способами:

1. Станина генератора жестко соединена с картером дизеля, а корпус якоря — с коленчатым валом. Кроме того, станина имеет лапы, которыми опирается на поддизельную раму. Такое соединение осуществлено на тепловозах с дизелями типа Д50 серий ТЭ1, ТЭ2, ТЭМ1 и ТЭМ2.

2. Станина генератора опирается при помощи лап на поддизельную раму, а вал или корпус якоря генератора соединен через полужесткую муфту с коленчатым валом дизеля. На тепловозах с дизелями типа Д100 серий ТЭ3, ТЭ7, ТЭ10, ТЭП10, 2ТЭ10Л и В, 2ТЭ116 (с дизелем 1Д49) и ТЭП60 (с дизелем 1Д45) используется такой способ.

Тяговый генератор типа ГП-311Б. На тепловозах 2ТЭ10Л и 2ТЭ10В установлен генератор ГП-311Б. Основными частями генератора (рис. 7) являются: якорь, станина 9, главные полюсы, добавочные полюсы, подшипниковый щит 3 и щеткодержатели 4.

Станина предназначена для крепления на ней главных и добавочных полюсов, подшипникового щита и вентиляционных патрубков. Кроме того, она служит магнитопроводом. Станина изготовлена из листовой стали марки Ст3. Снаружи к ней приварены две лапы, которыми она опирается на поддизельную раму. В каждой лапе имеются четыре проходных отверстия для крепящих болтов и два отверстия с резьбой для отжимных болтов, с помощью которых поднимают генератор при разборке агрегата. Для крепления вспомогательных агрегатов к станине приварены подставки.

Главные полюсы служат для создания основного магнитного потока. Полюс имеет сердечник и катушку. Сердечник 10 собран из листов холоднокатаной электротехнической стали марки Э-310 толщиной 1 мм. Листы сердечника изолированы друг от друга лаком, спрессованы и стянуты заклепками. В каждом листе сердечника выштамповано прямоугольное отверстие, куда запрессовывается стальной стержень с резьбовыми отверстиями для крепления полюса к станине (рис. 8).

На главных полюсах размещены катушки обмоток независимого возбуждения и пусковой (рис. 9). Независимая обмотка получает питание от возбuditеля и создает основной магнитный поток. Во время пуска дизеля (когда генератор работает как электродвигатель) основной магнитный поток создается пусковой обмоткой. После окончания пуска дизеля цепь этой обмотки прерывается. Катушки намотаны на каркас 6, имеющий отогнутые бурты, удерживающие рамки 1 и 3, изготовленные из прочной и теплостойкой пластмассы. На каркас наложена изоляция из четырех слоев гибкого стекломиканита на кремнийорганическом лаке и одного слоя стеклоленты.

Пусковая обмотка 5 расположена у полюсного башмака, затем установлена стеклотекстолитовая изоляционная шайба 2, поверх

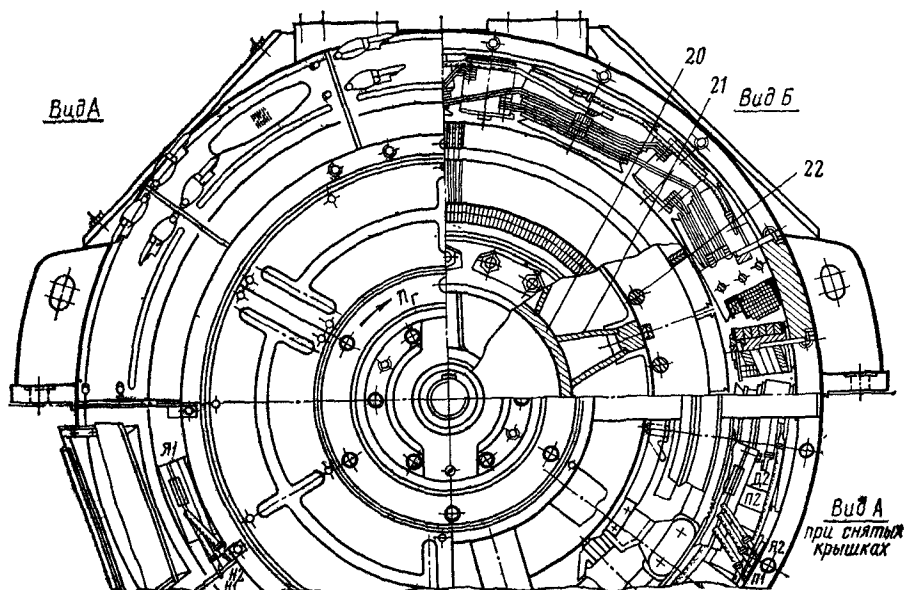
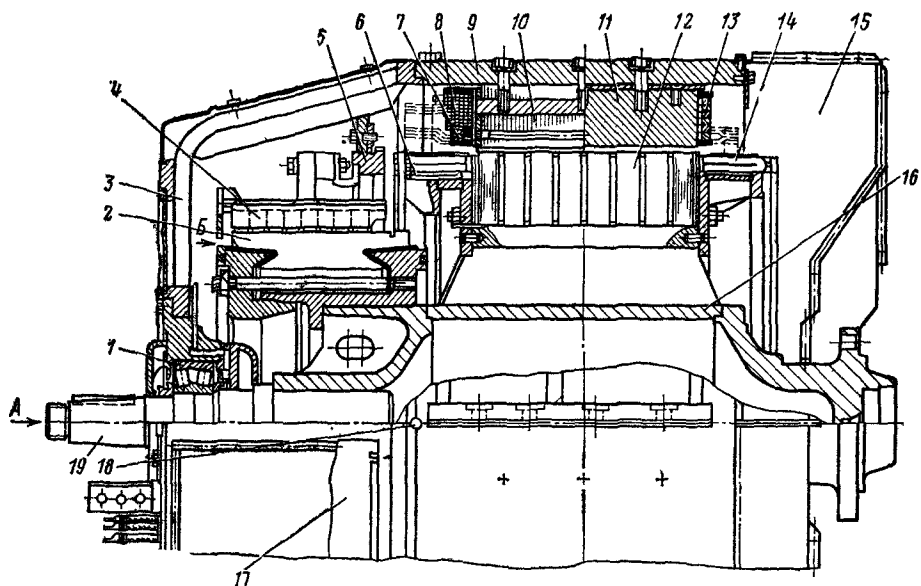
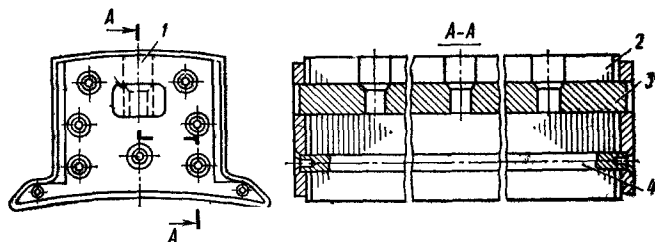


Рис. 7. Тяговый генератор ГП-311Б:

1 — подшипник; 2 — коллектор; 3 — щит подшипниковый; 4 — щеткодержатель; 5 — поворотная траверса; 6 — уравнивательные соединения; 7 — пусковая обмотка; 8 — обмотка независимого возбуждения; 9 — станина; 10 — сердечник главного полюса; 11 — сердечник добавочного полюса; 12 — сердечник якоря; 13 — катушка добавочного полюса; 14 — обмотка якоря; 15 — воздухоподводящий патрубок; 16 — корпус якоря; 17 — щитки; 18 — штифт для фиксации щита со станиной; 19 — вал; 20 — барабан; 21 — продольные ребра; 22 — шпильки

Рис. 8. Сердечник
главного полюса
генератора
ГП-311Б:

1 — отверстие для
крепления полюса;
2 — листы сердечни-
ка; 3 — стержень; 4 —
заклепка



которой намотана обмотка независимого возбуждения 4. Такое расположение обмоток катушек обеспечивает хорошую их вентиляцию. Основные данные обмоток генератора ГП-311Б приведены в табл. 2.

Таблица 2

Обмотка	Число витков	Сопротивле- ние при 15° С, Ом	Марка провода	Размер проволоки без изоляции, мм	Клас- с изоля- ции
Главных полюсов:					
независимая	105	0,88	ПСД	4,7×6,9	Н
пусковая	3	0,00435	ПММ	6,5×28	Н
Добавочных полюсов	6	0,000865	ШММ	16×25	В
Якоря	455	0,00132	ШММ	2,83×5,5	В

Между витками пусковой катушки проложена бумага асбесто-
вая электроизоляционная, пропитанная в лаке ЭФ-3; сверху катуш-
ка покрыта лентой стеклянной, пропитанной в лаке ЭФ-3, затем ка-
тушку пропитывают в кремнийорганическом лаке К-47 окунанием.

В процессе намотки каждый слой катушки независимого воз-
буждения промазывают кремнийорганическим лаком К-47К или
компаундом К-54. Пустоты заполняют замазкой П-11. Катушку
пропитывают в лаке К-47К, запекают и покрывают эмалью ГФ. Ка-
тушки главных полюсов генераторов МПТ-120/49 и МПТ-120/55А
отличаются отсутствием пусковой обмотки и изоляцией витков об-
мотки независимого возбуждения. Витки изолированы асбестовой
бумагой на клеющем лаке.

Из десяти катушек главных полюсов генератора пять
имеют перекрещенные выводы, а пять — открытые (рис. 10). Это
сделано для чередования полярности полюсов и упрощения конст-
рукции соединительных шин. Обмотки независимого возбуждения
и пусковая, уложенные на каждом полюсе, соединены между собой
последовательно.

Добавочные полюсы расположены по нейтрали, т. е.
между главными полюсами. Они создают магнитное поле, индукти-
рующее в коммутирующих витках э. д. с., направленную против
э. д. с. самоиндукции. Чтобы магнитное поле действовало только

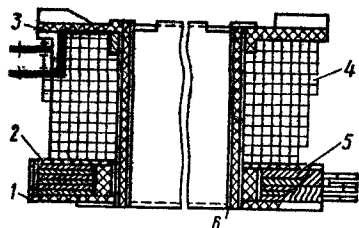


Рис. 9. Катушка главного полюса генератора ГП-311Б:
1, 3 — изоляционные рамки; 2 — изоляционная шайба; 4 — обмотка независимого возбуждения; 5 — пусковая обмотка; 6 — каркас

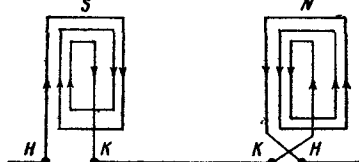


Рис. 10. Схема намотки катушек с открытыми и перекрещенными выводами:
Н — начало; К — конец

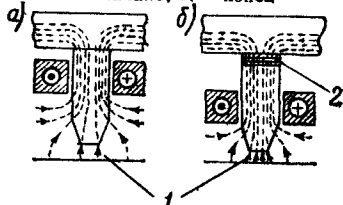


Рис. 11. Влияние воздушного зазора:
а — без разделения воздушного зазора; б — с разделением воздушного зазора; 1 — основной зазор; 2 — немагнитная прокладка

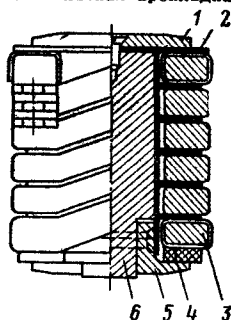


Рис. 12. Добавочный полюс генератора ГП-311Б:
1 — стальная накладка; 2 — немагнитная прокладка; 3 — катушка; 4 — изоляционные рамки из пресс-материала; 5 — немагнитные уголки; 6 — сердечник

в зоне коммутации, ширину сердечников полюсов делают небольшой. Обмотки добавочных полюсов всегда включены последовательно с обмоткой якоря, для того чтобы автоматически усиливалось действие добавочных полюсов при увеличении внешней нагрузки, т. е. усилении реакции якоря и реактивной э. д. с. в коммутируемых секциях.

У машин, работающих генераторами, полярность добавочных полюсов должна быть такой, чтобы за главным полюсом (по направлению вращения) шел разноименный добавочный полюс. При работе машины в режиме двигателя за главным полюсом должен располагаться одноименный добавочный полюс. Число добавочных полюсов не обязательно должно быть равным числу главных полюсов.

Площадь поперечного сечения сердечников добавочных полюсов выбирают так, чтобы индукция магнитного поля была сравнительно небольшой. Это необходимо для увеличения предельной нагрузки, при которой происходит насыщение магнитной цепи добавочных полюсов. С этой же целью воздушный зазор под добавочными полюсами делают значительно большим, чем под главными. Витки обмотки добавочных полюсов стараются разместить ближе к якорю, а между остовом машины и сердечником добавочного полюса устанавливают немагнитные прокладки, с тем чтобы разделить воздушный зазор на две части (рис. 11). Это позволяет уменьшить рассеивание магнитного потока и влияние на коммутацию вихревых токов, индуцируемых в остоле и сердечнике главного полюса при резких изменениях тока якоря. Вихревые токи задерживают изменение магнитного потока добавочных полюсов.

Если в электрической машине имеются добавочные полюсы, то щетки должны устанавливаться на геометрической нейтрали. В действительности в тяговых машинах щетки устанавливают под серединой главных полюсов. Это объясняется тем, что секции обмотки якоря имеют определенный шаг по пазам, т. е. они выгнуты таким образом, что к коллекторным пластинам, с которыми соприкасаются щетки, присоединены проводники, расположенные на нейтральной линии. Так, например, у тягового генератора типа ГП-300Б применена петлевая обмотка, имеющая шаг по пазам 1—10 и шаг по коллектору 1—2. Секция якоря, укладываемая в пазы 1 и 10, присоединена к коллекторным пластинам 23 и 24, на которых установлена щетка (см. с. 35). Эта щетка расположена под серединой главного полюса, но к ней присоединены проводники, расположенные на нейтрали (под добавочными полюсами).

Сердечники добавочных полюсов (рис. 12) изготовлены из стали марки Ст3. Они сужены в части, обращенной к якорю. К сердечнику приклепаны латуинные или дюралюминиевые угольники, служащие для крепления катушек и уменьшения рассеивания магнитного потока.

Сердечник 6 полюса изолирован от катушки опрессованным и спеченным миканитом или стеклотканью на эпоксидной смоле. Катушка полюса состоит из шести витков. Крайние витки изолированы двумя слоями микаленты ЛМС и одним слоем стеклоленты, пропитанной в лаке ГФ-95. Между витками уложены стеклотекстолитовые прокладки. Готовую катушку покрывают эмалью ГФ-92.

Катушка зажата на сердечнике с помощью стальной накладкой 1, привинченной к нему винтами со стороны, обращенной к станине. Между накладкой и полюсом помещена текстолитовая прокладка 2; создающая второй зазор. Весь полюс перед креплением его к станине пропитывают в терморезактивном лаке, цементирующем его изоляцию. Между станиной и полюсом укладывают пружинную рамку из ленточной стали для предотвращения перемещения катушки на сердечнике из-за усыхания изоляции и других деформаций.

Между сердечником полюса и станиной помещен набор из шести стальных прокладок (общей толщиной 3 мм), служащих для регулирования зазора под добавочным полюсом.

Якорь тягового генератора состоит из вала, корпуса якоря (остова), сердечника, обмотки, коллектора и деталей крепления. Якоря тепловозных генераторов изготовляют с укороченным валом, т. е. применяется так называемая *безвальная конструкция* (см. рис. 7).

Замена массивного вала на укороченный снизила температуру нагревания обмотки якоря, трудоемкость изготовления и ремонта и уменьшила массу генератора. Так как у генератора ГП-311Б применена радиальная вентиляция якоря, при которой необходим свободный подвод воздуха в центральную часть якоря (для входа в радиальные каналы), корпус якоря имеет ребристую конструкцию.

Корпус якоря состоит из сварно-литого барабана 20, с обеих сторон к которому приварены литые фланцы. Задним фланцем генератор сочленяется с валом дизелем, а на передний фланец насаживается коллектор.

К барабану 20 приварены десять продольных ребер 21. Так как генератор имеет диаметр якоря 120 см, а наибольший размер листа электротехнической стали 100×200 см, то сердечник якоря собирают из пяти штампованных сегментов и шихтуют их на продольные шпильки 22, проходящие через отверстия в сегментах. Стыки сегментов расположены против середины сегментов предыдущего и последующего слоев. Собранный и опрессованный сердечник на корпусе удерживается двумя стальными обмоткодержателями, стянутыми шпильками 22 и прикрепленными к корпусу болтами и призонными штифтами, которые предотвращают обмоткодержатели от смещения под действием угловых ускорений при пуске и работе дизеля.

Так как сердечник якоря собран из отдельных сегментов, а внутренний диаметр его не может быть обработан с точностью, обеспечивающей крепление, то процесс посадки сердечника на ребра выполняется одновременно с центровкой. Для крепления сердечника применены встречные клиновые шпонки, закладываемые в пазы сегментов и ребер. Радиальный натяг между сердечником и корпусом создается расклиниванием шпонок при нагретом сердечнике.

Каждый лист сердечника якоря имеет 155 пазов. Для вентиляции обмотки якоря в сердечнике создаются радиальные каналы при помощи вентиляционных якорных листов (рис. 13, а). Для этого сердечник разделяют на пакеты и между ними прокладывают вентиляционные листы с распорками.

Распорки к листу крепят расклепыванием шипов, а концы их приваривают точечной сваркой. Затем листы с обеих сторон покрывают лаком.

Передний подшипниковый щит тяговых генераторов воспринимает большие усилия, и его конструкция должна обладать значительной жесткостью, с тем чтобы не допускать вибрации и смещения щеткодержателей. Щит имеет сварную конструкцию, состоящую из ребер и колец. Ребра наклонены к оси машины, что обеспечивает жесткость и легкость конструкции; в центральной части щита образуется кольцо, к которому крепится ступица. Такая конструкция позволяет вынуть ступицу и заменить подшипник без снятия подшипникового щита. Вал якоря опирается на двухрядный сферический самоустанавливающийся роликоподшипник 2Н3626К (ГОСТ 5721—75), смонтированный в ступице (капсуле) щита. Полость подшипника заполняют смазкой ЖРО ТУ32-ЦТ520—73 не более 800 г. При избытке смазки подшипник перегревается, излишек ее выдавливается из полости подшипника и попадает в коллекторную камеру. Задний подшипниковый щит защищает от попадания посторонних предметов внутрь генератора и от загрязнения. Для присоединения напорного воздухопровода задний щит имеет два люка.

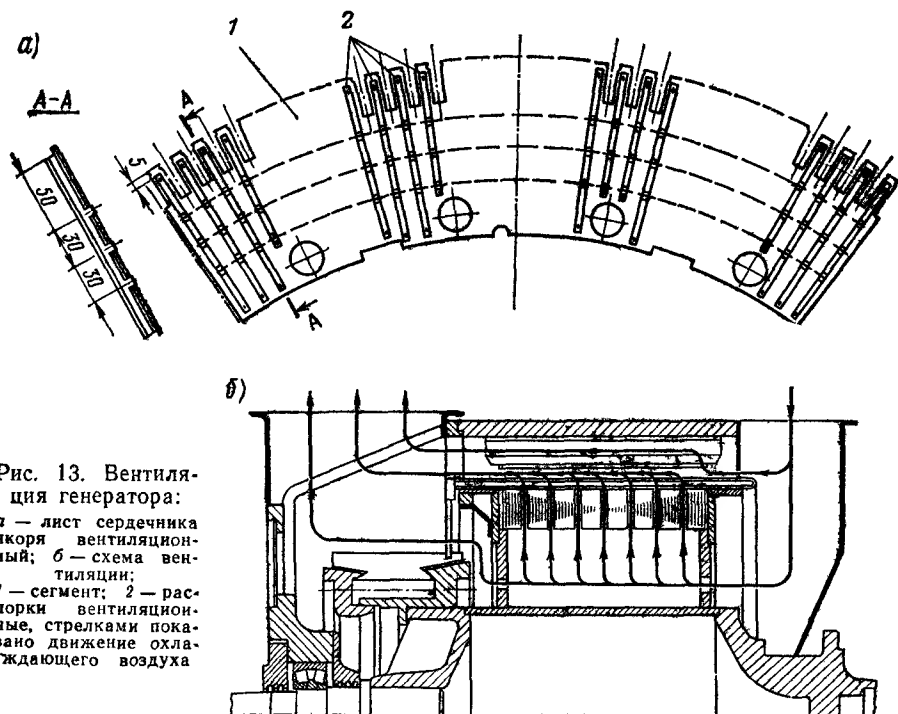


Рис. 13. Вентиляция генератора:

а — лист сердечника якоря вентиляционный; б — схема вентиляции;

1 — сегмент; 2 — распорки вентиляционные, стрелками показано движение охлаждающего воздуха

Коллектор генератора (см. рис. 7) собран из пластин твердотянутой коллекторной меди (с присадкой серебра или кадмия) трапецевидного профиля. Легирующие присадки примерно вдвое увеличивают износостойчивость коллектора.

На генераторах мощностью 2000 кВт с большим диаметром якоря (120 см) применяются коллекторы с ленточными петушками, изготавливаемые из медной ленты размера 2×20 мм (рис. 14).

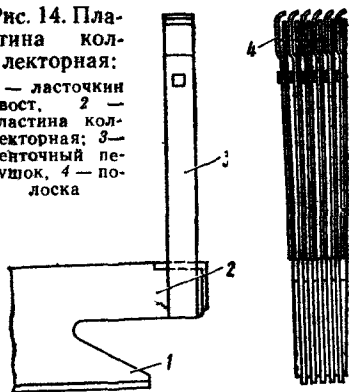
Ленточный петушок 3 нижней частью припаивается твердым припоем к коллекторной пластине, а к верхней части петушка приклепывается и припаивается полоска 4, в которую впаивают концы катушек обмотки якоря и уравнивательные соединения.

На генераторах меньшей мощности петушки выполнены из коллекторной меди, а не из медной ленты. Для облегчения веса коллектора в пластинах сделаны отверстия. Диаметр коллектора 850 мм, длина рабочей части 370 мм. Пластины изолированы друг от друга миканитом толщиной 1 мм, который является более твердым материалом, чем медь, и изнашивается медленнее.

Чтобы через определенный промежуток времени миканитовые прокладки не выступали над поверхностью коллекторных пластин, что привело бы к подгоранию щеток и искрению, а значит, к перегреву и быстрому оборотанию коллекторных пластин, изоляцию между пластинами периодически фрезеруют (углубляют); наименьшая глубина в эксплуатации 0,5 мм.

Рис. 14. Пластина коллекторная:

1 — ласточкин хвост, 2 — пластина коллекторная; 3 — ленточный петушок, 4 — полоска



Конструкция коллектора арочного типа. Пластины имеют выточки в форме ласточкина хвоста, в которые входят конусные части корпуса с одной стороны и нажимной шайбы — с другой. Пластины изолированы от корпуса манжетами из формовочного миканита на глифталевом лаке. Выступающая часть манжеты предохраняется от повреждения бандажом и покрывается, как и торцовые части пластин, изоляционной эмалью. Чтобы внутренние части коллектора не увлажнялись, необходимо уплотнять места посадки нажимной шайбы на корпус коллектора

генератора при помощи пропитанного шнура и промазки стыка снаружи густыми цинковыми белилами.

Коллектор стянут 18 шпильками из легированной стали марки 12ХН2, термически обработанными для достижения высокой прочности и вязкости. Коллектор обтачивают и шлифуют после сборки с якорем.

Для правильной работы щеточного аппарата центр окружности коллектора должен точно совпадать с осью вращения. После обточки коллектора на станке допускается биение поверхности не более 0,03 мм (по индикатору в холодном состоянии).

Чтобы исключить деформацию коллектора в эксплуатации, его подвергают динамической формовке, т. е. разгоняют нагретый до 150° С коллектор до частоты вращения, превышающей на 20% максимальную эксплуатационную. Разгон повторяют несколько раз. После каждого разгона подтягивают коллекторные болты.

Обмотки якоря, используемые на тяговых генераторах тепловозов, подразделяются на петлевые, многоходовые и комбинированные. Якоря тяговых генераторов сравнительно небольшой мощности имеют петлевые обмотки с уравнительными соединениями. У таких обмоток число параллельных ветвей равно числу полюсов. Для увеличения числа параллельных ветвей (допустимый ток параллельной ветви 300 А) без увеличения числа полюсов в электрических машинах применяют многоходовые петлевые обмотки или комбинированные (лягушачьи) обмотки, представляющие собой сочетание двух обмоток — петлевой и волновой. Каждая обмотка служит для проведения половины тока якоря. Тяговые генераторы мощностью 1350 кВт и выше выполняют с двухходовой петлевой или лягушачьей обмоткой якоря.

Первые выпуски генераторов ГП-311Б имеют лягушачью (параллельно-последовательную) обмотку якоря, которая состоит из волновой обмотки, имеющей шаг по пазам 16, и петлевой с шагом по пазам 15 (рис. 15, а). Шаг по коллектору волновой обмотки 91, а петлевой 2. Секции петлевой и волновой обмоток присоединяют к одним и тем же петушкам коллектора. При этом секции волновой

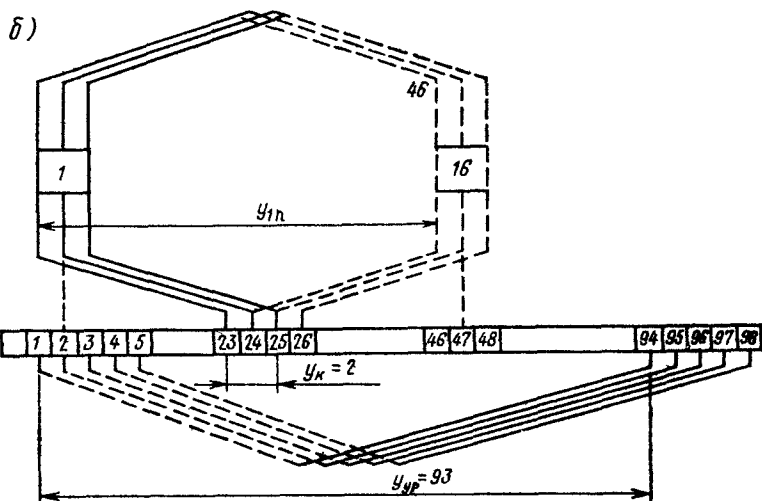
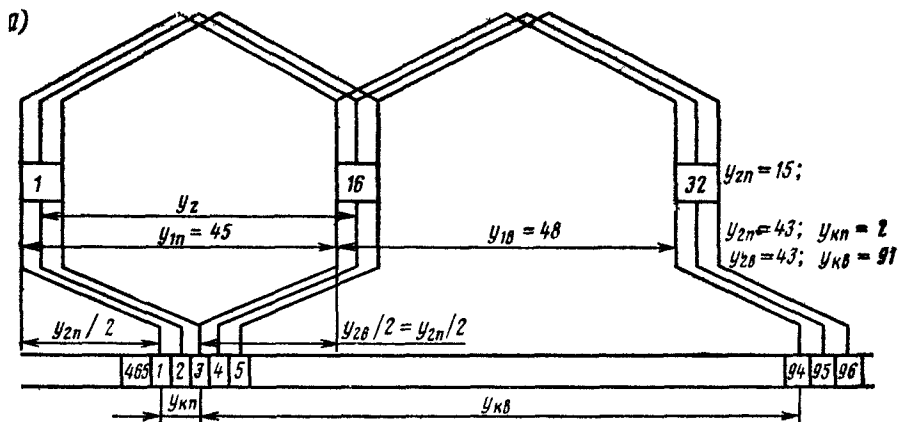


Рис. 15 Принципиальные схемы обмоток якоря генератора ГП-311Б:

а — лягушачьей б — двухходовой петлевой.

$y_z = 1 - 16$ — шаг по пазам y_{1n} y_{1b} — первые частичные шаги петлевой и волновой обмоток; y_2 — второй частичный шаг; $y_{кн}$ — шаг по коллектору; $y_{ур}$ — шаг уравнивающих соединений

обмотки, помимо своих основных функций, выполняют роль уравнивающих соединений для петлевой обмотки

В каждом пазу якоря уложено 12 стержней (четыре ряда по три стержня) из шинной меди (рис. 16, а). Верхний и нижний ряды представляют собой стороны катушек волновой обмотки, два средних ряда — стороны катушек петлевой обмотки. Катушка состоит из трех элементарных одновитковых секций. Следовательно, в прорез пегушка коллектора вплавляют четыре проводника, расположенных по вертикали. Каждый стержень изолирован одним слоем

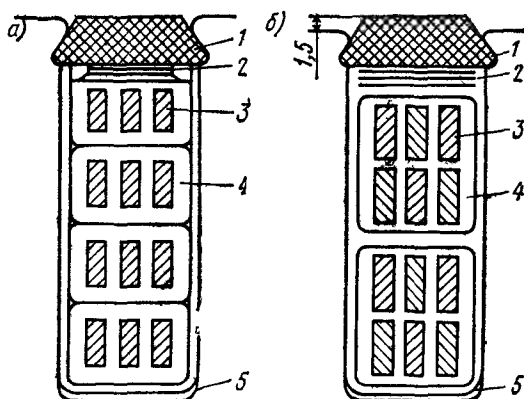


Рис. 16. Разрез паза якоря генератора:

а — для лагушачей; б — для петлевой двухходовой обмотки; 1 — клин; 2 — прокладки прессшпановые; 3 — проводник; 4 — микалента и стеклянная лента; 5 — миканитовая прокладка; 6 — лента слюдянистая и стеклянная

вполуперекрышу (в полнахлеста) микаленты. Три стержня полукатушки изолированы тремя слоями микаленты (в полуперекрышу) и скреплены одним слоем стеклянной ленты (встык). В головках катушек стержни изолированы одним слоем микаленты, а между слоями обмотки — миканитовой изоляцией толщиной не менее 1 мм. Концы пазов якоря дополнительно изолированы картоном и миканитовой изоляцией. На дно паза уложена миканитовая прокладка. Для защиты изоляции катушки от загрязнения ох-

лаждающим воздухом, непосредственно омывающим части катушки, проходящим через радиальные вентиляционные каналы сердечника, катушку дополнительно изолируют коробочкой из электрокартона. Обмотка якоря удерживается в пазах текстолитовыми клиньями, под которые кладут электроизоляционный картон. Лобовые части обмотки укреплены двухслойными проволочными бандажами из немагнитной проволоки для улучшения условий коммутации. Так как частота вращения вала генератора сравнительно большая (850 об/мин), то коммутация осложняется.

Для более устойчивой работы с 1971 г. генераторы ГП-311Б выполняют с петлевой ступенчатой двухходовой обмоткой якоря и уравнительными соединениями со стороны коллектора. Кроме того, ступенчатая двухходовая обмотка позволяет применять бандажи из стеклоленты на эпоксидном компаунде для крепления лобовых частей обмотки якоря без ухудшения условий коммутации. Опыт эксплуатации показал, что использование стеклобандажей повышает надежность работы тяговых генераторов.

Шаг по коллектору двухходовой петлевой обмотки равен двум коллекторным делениям, т. е. концы секции впаиваются в петушки через одну коллекторную пластину. В этом случае две отдельные обмотки размещены на якоре и работают параллельно. Так как каждую из обмоток можно рассматривать как простую петлевую обмотку с числом ветвей, равным числу полюсов, то двухходовая обмотка имеет число параллельных ветвей в два раза больше. Число щеток ставится равным числу полюсов, но ширина каждой щетки должна быть такова, чтобы одновременно могли работать две обмотки.

Если обмотка после первого обхода попадает в ту же самую коллекторную пластину, с которой начат первый обход, то обмотка называется *двукратно замкнутой*. Если обмотка попадает в первоначальную пластину только после второго обхода, то она называется *однократно замкнутой*. Двукратно и однократно замкнутые обмотки удовлетворяют только одному условию симметрии¹ обмотки, а именно $\frac{2p}{a}$ — целое число (a — число пар параллельных ветвей), поэтому они являются несимметричными. Однако многолетняя практика электромашиностроения доказала их преимущества по снижению напряжения между коллекторными пластинами в предельном случае до 9 раз.

На рис. 15, б показана схема двухходовой несимметричной ступенчатой обмотки якоря генератора ГП-311Б с шагом по пазам 1—16, 1—17, по коллектору — 2. Катушка петлевой двухходовой обмотки также состоит из трех элементарных одновитковых секций (рис. 16, б), выполненных из провода ПЭТВСД 2,8×6,3. Изоляция катушки якоря от корпуса осуществлена тремя слоями стеклослюдянитовой ленты ЛСПЭ-934-ТП и одним слоем стеклянной ленты ЛЭС в полнахлеста. На изгибах дополнительно прокладывают стекломиканит Г₂ФКП. После укладки обмотки якорь испытывают, сушат, покрывают эмалью и баллансируют на станке.

Уравнительные соединения выполнены из меди ПММ размером 1,32×6,3 мм. Каждый проводник изолирован одним слоем слюдянитовой ленты ЛС вполуперекрышу, а все пять проводников изолированы стеклянной лентой ЛСЭ, пропитанной в лаке КО-916К.

Щеткодержатели бывают радиальные и реактивные. В электрических машинах с переменным направлением вращения якоря применяют радиальные щеткодержатели, в которых ось щетки является продолжением радиуса коллектора. В машинах с постоянным направлением вращения применяют реактивные щеткодержатели, в которых щетки наклонены к поверхности коллектора.

Тяговый генератор тепловоза 2ТЭ10В, якорь которого вращается только в одном направлении (по часовой стрелке, если смотреть со стороны коллектора), имеет десять бракетов, и на каждом укреплено по девять реактивных щеткодержателей. Корпус 2 щеткодержателя (рис. 17, а) отлит из кремнистой латуни и имеет две прорези: с наклоном 30° к радиусу коллектора (для набегающей щетки) и с наклоном 10° для сбегавшей щетки.

Бракет 4 отлит из алюминиевого сплава и крепится к кронштейну подшипникового щита двумя изоляционными подвесками 5, изготовленными из микалекса и армированными специальными болтом с одной стороны и гайкой — с другой. Нажатие на щетки (марки ЭГ-74) осуществляется спиральными пружинами через курки 8. Силу нажатия регулируют изменением затяжки пружины путем перестановки ее конца из одного зубца храповика в другой. Усилие на щетку должно быть в пределах 800—1200 г. Ток от ще-

¹ Условия симметрии обмоток: z/a , k/a , $2p/a$ должны быть целыми числами.

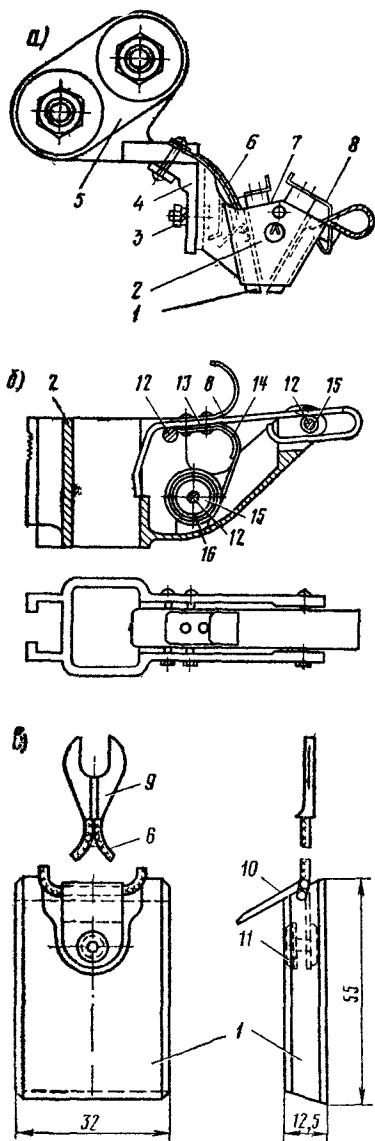


Рис. 17. Щеточный аппарат тягового генератора

а — щеткодержатель радиальный; б — щеткодержатель с постоянным нажатием, а — щетка; 1 — щетка, 2 — корпус; 3 — болт; 4 — bracket; 5 — подвеска; 6 — медный шунт; 7 — храповик; 8 — курок; 9 — накопечник 10 — пластина; 11 — заклепка; 12 — ось; 13 — рычаг нажимной; 14 — скоба; 15 — втулка; 16 — пружина

ток отводится по медным плетеным шунтам 6, наконечники 9 которых прикреплены винтами к бракету.

Щеткодержатели прикреплены к бракетам болтами 3, с помощью которых регулируют положение щеткодержателей относительно поверхности коллектора (2—3 мм). Установка на тяговый генератор щеток разных марок недопустима, так как приводит к неравномерному распределению тока в щетках и нарушению нормальной работы коллектора и обмотки якоря. Бракеты расположены так, что оси щеткодержателей совпадают с осями главных полюсов, т. е. находятся на нейтрали. Для осмотра щеток имеется поворотная траверса, представляющая собой легкую конструкцию из двух колец, соединенных ребрами по числу полюсов, к которым прикреплены brackets. Траверсу в положении, соответствующем нейтрали, фиксируют стопорными болтами. Траверса со щеткодержателями может поворачиваться на угол 360°. Для привода траверсы на шите установлена шестерня, имеющая зацепление с одним из колец траверсы с зубчатой нарезкой. Поворот осуществляется вручную с помощью трещотки валоповоротного устройства дизеля. Каждые пять бракетов одной полярности соединены собирательной шиной.

На генераторах типа ГП-311Б устанавливаются щеткодержатели, обеспечивающие постоянное нажатие на щетку в пределах установленных норм без регулировки независимо от износа щетки (рис. 17, б). Корпус щеткодержателя имеет одно гнездо, в которое устанавливается разрезная щетка с резиновым амортизатором (подобно разрезным щеткам тяговых электродвигателей). Количество щеток уменьшилось в два раза, они не имеют наклона.

Вентиляция на генераторах мощностью 2000 кВт (МПТ-120/49, МПТ-120/55а, ГП-311) независимая, осуществляемая быстроходным и высо-

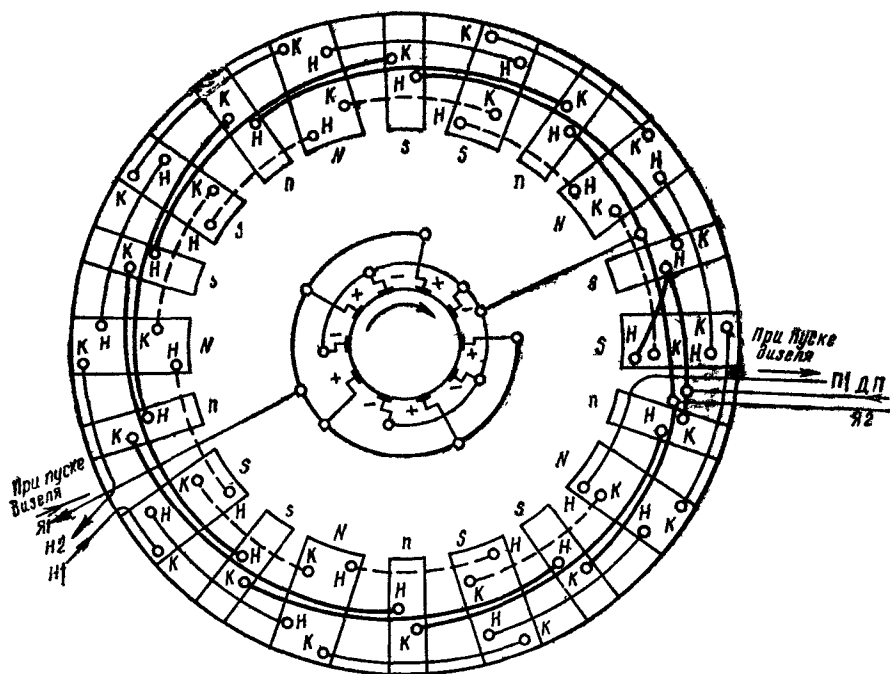


Рис. 18. Схема внутренних соединений тягового генератора ГП-311Б (вид со стороны коллектора); пунктиром показаны соединения катушек пусковой обмотки, которые расположены со стороны, противоположной коллектору: Я1, Я2 — начало и конец обмотки якоря; Н1, Н2 — начало и конец обмотки независимого возбуждения; П1 — начало пусковой обмотки, ДП — конец пусковой обмотки и добавочных полюсов.

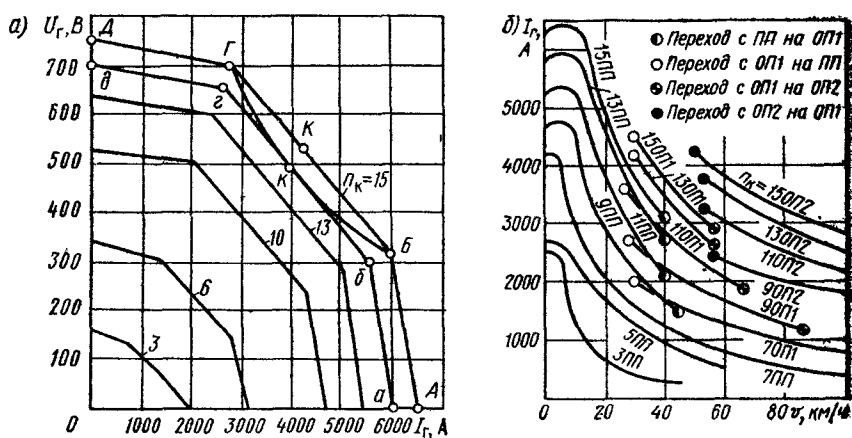


Рис. 19. Характеристики тягового генератора:

а — внешние характеристики на различных позициях контроллера; б — характеристики изменения тока генератора I_g в зависимости от скорости движения v ; U_g — напряжение; лк — позиции контроллера машиниста, ПП — параллельное соединение, ОП1, ОП2 — то же с ослаблением возбуждения

конапорным вентилятором подачи $15\,000\text{ м}^3/\text{ч}$. Вентилятор приводится во вращение от вала дизеля через соответствующую передачу. Охлаждающий воздух засасывается из атмосферы и через задний подшипниковый щит нагнетается в центральную полость якоря под давлением $1,4\text{ кПа}$ (40 мм вод. ст.), откуда проходит по радиальным каналам между пакетами (см. рис. 13), охлаждая сердечник и обмотку якоря, и выходит через зазор между полюсами и якорем к переднему щиту. От центральной полости якоря второй поток воздуха проходит между петушками коллектора, охлаждая коллектор (ленточные петушки являются как бы радиатором для коллектора и частично для обмотки якоря). Часть воздуха из заднего щита также проходит в промежутки между полюсными катушками и охлаждает их.

Независимая радиальная вентиляция обеспечивает интенсивное охлаждение обмотки якоря за счет непосредственного омывания воздухом ее пазовых частей. Охлаждающий воздух, подаваемый со стороны, противоположной коллектору, выдувает щеточную пыль из генератора, улучшая условия работы обмотки якоря.

Радиальная вентиляция позволила значительно повысить мощность генератора, хотя и потребовала увеличения длины якоря и некоторого усложнения его конструкции. Нужно отметить, что радиальная вентиляция вследствие большего разветвления потоков повышает опасность загрязнения генератора, т. е. более остро встает вопрос об очистке воздуха. На ряде опытных тепловозов устанавливают фильтры очистки воздуха на всасывающих отверстиях.

Схема соединений генератора показана на рис. 18. Как видно из рисунка, ток от плюсовых щеток генератора по кабелю *Я1* поступает в тяговые электродвигатели и по кабелю *ДП*, добавочным полюсам (соединенным в две параллельные группы) возвращается к минусовым щеткам. При пуске дизеля ток от плюса аккумуляторной батареи идет по кабелю *Я*, якорю генератора, добавочным полюсам, кабелю *ДП*, пусковой обмотке генератора, кабелю *П* на минус батареи.

Внешние характеристики генератора для различных позиций контроллера приведены на рис. 19, а. Из характеристик видно, что тяговый генератор может обеспечить максимальный кратковременный ток (ограниченный коммутацией) 6600 А . Зависимость тока генератора от скорости для нескольких позиций контроллера машиниста с указанием точек подключения и отключения ослабления возбуждения показана на рис. 19, б. Эти кривые широко используются в тяговых расчетах при определении нагревания генератора и для нахождения скоростей, при которых происходит срабатывание реле перехода.

Генератор тяговый типа МПТ 120/49, устанавливаемый на тепловозах ТЭ10, конструктивно мало отличается от генератора ГП-311Б. Генератор имеет параллельно-последовательную (лягушачью) обмотку якоря, включающую в себя петлевую и волновую обмотки. Секции обеих обмоток располагаются в одном пазу и присоединяются к одним и тем же петушкам коллектора. Верхний и

нижний ряды представляют собой стороны катушек волновой обмотки, два средних ряда — стороны катушек петлевой обмотки. Секции волновой обмотки выполняют роль уравнительных соединений для петлевой обмотки.

Генератор типа МПТ 120/55А тепловоза ТЭП60 имеет аналогичную конструкцию. У него отсутствует только поворотная траверса.

Тяговый генератор типа ГП-300Б. Устанавливаемый на тепловозе ТЭМ2 генератор (рис. 20) состоит из тех же основных частей, что и генератор тепловоза 2ТЭ10В. При описании устройства генератора приведены только те особенности конструкции, которые отличаются его от генератора ГП-311Б.

Корпус якоря генератора одним концом жестко соединен 12 болтами (равномерно расположенными по окружности корпуса якоря) с фланцем коленчатого вала дизеля. Конец укороченного вала поддерживается самоустанавливающимся двухрядным роликовым подшипником № 3620, установленным в подшипниковом щите. Осовой разбег подшипника генератора равен 3 мм (для облегчения сборки), в то время как у седьмого коренного подшипника вала дизеля разбег меньше 1 мм. Следовательно, все осевые усилия воспринимаются подшипником дизеля.

Сварная станина генератора изготовлена из толстолистовой стали Ст3 и имеет круглую форму. Одним концом с центрирующим буртом станина генератора прикреплена непосредственно к большому фланцу картера дизеля. На раму тепловоза генератор опирается лапами (через пружины), приваренными к станине. Сверху к станине приварены проушины, служащие для подъема генератора. Со стороны дизеля станина имеет закрытые сетками 26 отверстия для выхода воздуха. Воздух для охлаждения генератора засасывается вентилятором 21 через отверстия 29 в подшипниковом щите.

Сердечник главного полюса размером 165×430 мм набран из листов электротехнической стали толщиной 1 мм, обладающей хорошей магнитопроводимостью. Катушка главного полюса (рис. 21) имеет две обмотки: независимую 13 и пусковую 7. Данные обмоток генератора приведены в табл. 3.

Таблица 3

Обмотка	Число витков	Сопротивление при 15° С, Ом	Марка провода	Размер провода без изоляции, мм	Класс изоляции
Главных полюсов:					
независимая	99	0,81	ПДА	4,1×6,9	В
пусковая	3	0,00314	МГМ	1,95×90	В
Добавочных полюсов	7	0,00387	МГМ	14×20	Н
Якоря	—	0,00736	ПДА	1,81×5,5	Ф

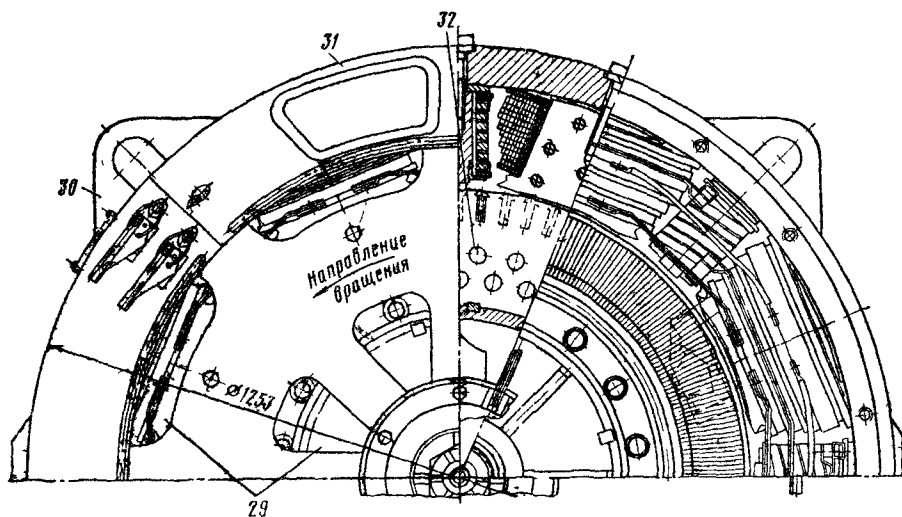
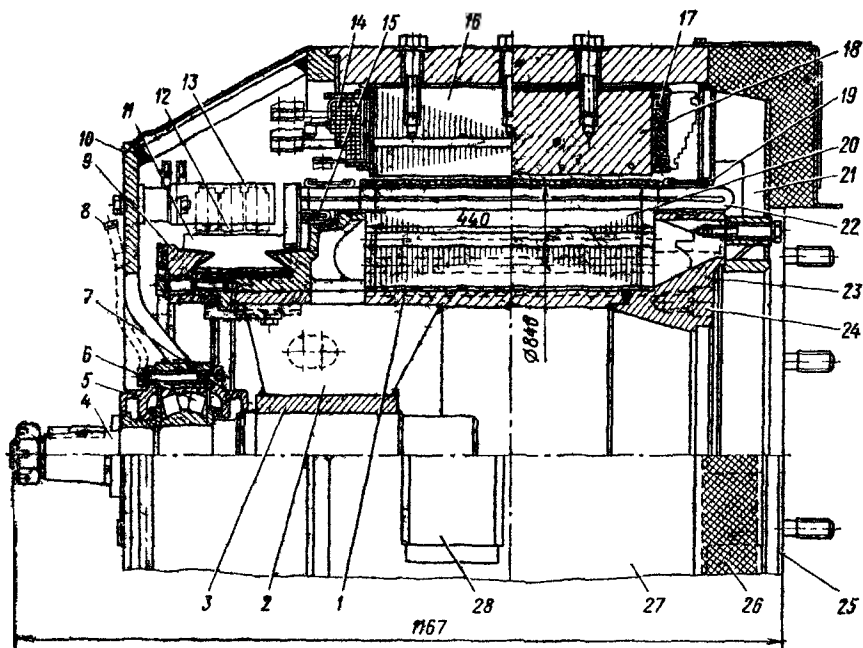


Рис. 20. Тяговый генератор ГП-300Б:

1 — барабан корпуса якоря, 2 — ребра, 3 — ступица корпуса якоря; 4 — вал, 5 — переднее лабиринтовое уплотнение; 6 — роляковый подшипник; 7 — заднее лабиринтовое уплотнение; 8 — трубка для смазки; 9 — нажимная шайба, 10 — подшипниковый щит, 11 — коллектор; 12 — щетки, 13 — щеткодержатель; 14 — обмотка главного полюса; 15 — уравнивательные соединения; 16 — сердечник главного полюса, 17 — обмотка добавочного полюса, 18 — сердечник добавочного полюса, 19 — бандажи; 20 — сердечник якоря; 21 — вентилятор; 22 — обмотка якоря; 23 — фланец, 24 — отверстия; 25 — центрирующий бурт, 26 — сетка; 27 — станина; 28 — опорные лапы; 29 — торцовые вентиляционные отверстия; 30 — проушина; 31 — крышка; 32 — вентиляционные каналы

Витки пусковой обмотки изолированы друг от друга миканитом, а от каркаса, на который они намотаны, — миканитом и пресшпаном. Катушки пусковой обмотки соединены последовательно.

Обмотка независимого возбуждения имеет девять слоев с различным числом витков. В процессе намотки каждый слой промазывают лаком. Катушки обмотки независимого возбуждения соединены последовательно.

Сердечники добавочных полюсов (рис. 22) изготовлены из прокатной стали. Между сердечником и станиной генератора положено шесть стальных прокладок, регулирующих воздушный зазор под полюсами. Между сердечником добавочного полюса и катушкой расположен пружинящий каркас, на который наматывается катушка. Обмотка добавочного полюса изготовлена из голей меди, намотанной на ребро в один слой, между витками поставлены прокладки из стеклотекстолита. Изоляцию из стекломикаленты и стеклоленты имеют только крайние витки. Сердечник якоря набран из отдельных листов электротехнической стали марки Э-310 и насажен на барабан корпуса якоря (см. рис. 20).

Коллектор генератора состоит из коробки, нажимной шайбы, коллекторных пластин, двух изоляционных манжет, изоляционного цилиндра и болтов, стягивающих шайбу и коробку коллектора. Коллектор напрессован на корпус якоря и закреплен приваркой четырех крючков.

Якорь генератора имеет петлевую обмотку с уравнительными соединениями. Обмотка якоря генератора выполнена из прямоугольной электролитической меди. Каждая секция обмотки (рис. 23) состоит из 15 проводников марки ПДА. Проводники покрыты стеклянной и миканитовой изоляцией, а затем вставлены

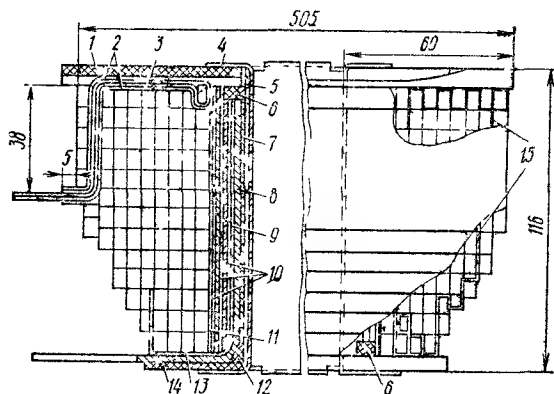


Рис. 21. Катушка главного полюса генератора ГП-300Б

1, 14 — рамки изоляционные, 2, 5, 9, 10, 11 — миканитовая изоляция, 3, 8 — выводы, 4 — каркас, 6, 12 — прокладки; 7 — катушка пусковая, 13 — катушка независимого возбуждения, 15 — изоляция из стеклолакоткани

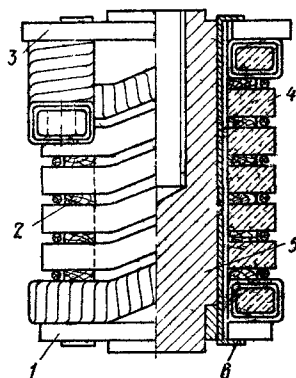


Рис. 22. Добавочный полюс генератора ГП-300Б:

1, 3 — изолятивные рамки; 2 — прокладка из стеклотекстолита; 4 — витки обмотки; 5 — сердечник; 6 — каркас

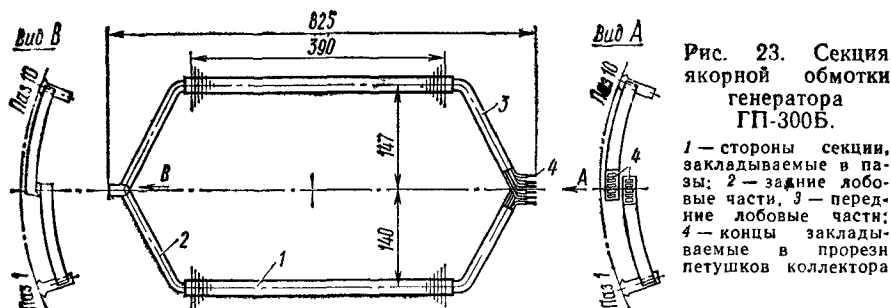


Рис. 23. Секция якорной обмотки генератора ГП-300Б.

1 — стороны секции, закладываемые в пазы; 2 — задние лобовые части; 3 — передние лобовые части; 4 — концы закладываемые в прорезы петушков коллектора

в миканитовую гильзу, оклеенную слоем прессшпана. Сверху гильзы намотан слой стеклянной ленты. Между секциями положены две миканитовые прокладки (рис. 24). Такие же прокладки уложены на дно паза и под крепящие обмотку клинья. Шаг обмотки якоря по пазам сердечника равен 1—10, шаг по коллектору 1—2. Принципиальная схема обмотки якоря показана на рис. 25. В местах выхода из сердечника секции дополнительно изолированы. Фланец якоря, на котором расположены задние лобовые части обмотки, служащие для соединения активных сторон секции, изолирован гибким миканитом, асбестом и покрыт тафтяной лентой.

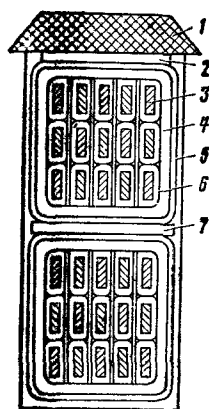


Рис. 24. Изоляция секции якорной обмотки в пазу тягового генератора ГП-300Б:

1 — клин изолятовый; 2 — слюдяная прокладка 0,3 мм; 3 — медь с дельта-асбестовой изоляцией; 4 — миканитовая лента в три слоя; 5 — миканитовая лента; 6, 7 — миканитовая изоляция

Обмотка якоря удерживается в пазах от действия центробежных сил изолятовыми клиньями, а ее лобовые части укреплены проволоочными бандажами. Места обмотки, на которые накладывают бандажи, покрывают асбестовой тканью и прессшпаном. Под передними лобовыми частями обмотки якоря в углублениях передней нажимной шайбы расположены уравнивательные соединения, выполненные из голой меди размером $1,81 \times 6,9$ мм.

Шаг по коллектору для уравнивательных соединений равен 1—96, 6—101, т. е. уравнивательные соединения ставят через каждые пять коллекторных пластин. Концы обмотки якоря впаяны в коллекторные пластины, причем концы секций заложены в петушки коллектора плотно, без воздушных зазоров между проводниками, для чего между последними проложены медные клинья. После наложения бандажей якорь испытывают и сушат, а затем покрывают серой эмалью и балансируют.

Генератор имеет восемь реактивных щеткодержателей, подобных по конструкции щеткодержателям генератора тепловоза 2ТЭ10Л, но с той разницей, что здесь к каждому щеткодержателю прикреплены только три корпуса, т. е. в щеткодержатель устанавливаются шесть щеток марки ЭГ-14. Нажатие на щетку равно 8,4 Н.

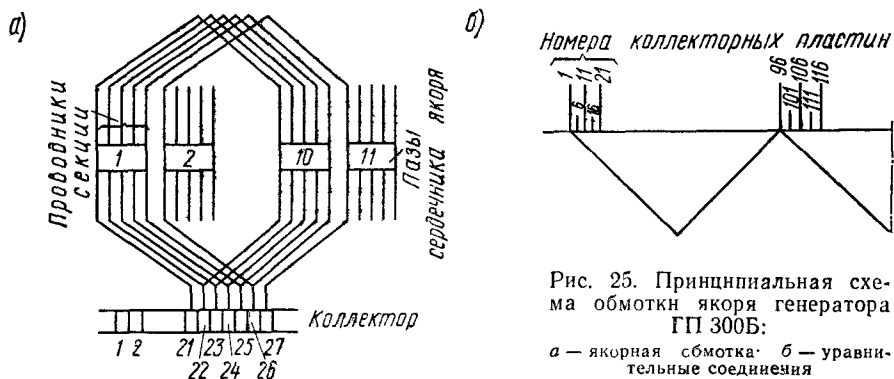


Рис. 25. Принципиальная схема обмотки якоря генератора ГП 300Б:

a — якорная обмотка; *б* — уравнительные соединения

Синхронный генератор типа ГС-501А. Генератор тепловоза 2ТЭ116 (рис. 26) имеет мощность на стороне выпрямленного тока 2190 кВт; максимальное линейное напряжение 535 В, длительное 275 В; соответственно ток 2×1330 и 2×2440 А; максимальный ток 2×3700 А; частоту вращения 1000 об/мин и частоту тока 100 Гц. Масса генератора 6000 кг.

Генератор ГС-501А является двенадцатиполусной машиной. Корпус ротора подобен корпусу якоря генератора тепловоза ТЭЗ безвальной конструкции. Барабанная безвальная конструкция корпуса ротора отличается монолитностью и прочностью. На корпус 13 наштампован несущий обод из листов с выштампованными пазами для крепления полюсов. Ротор 10 генератора является явнополюсным. Листы обода ротора стянуты двумя щеками 9 и шпильками с гайками. Сердечники 15 полюсов набраны из отдельных листов электротехнической стали толщиной 1,4 мм марки 08КП, стянутых щеками и заклепками.

Катушки 6 полюсов выполнены из шинной меди размером $1,35 \times 25$ мм и залиты эпоксидным компаундом. Число витков на полюс 66, сопротивление обмотки при 20°C — 0,458 Ом. Два конца от катушек выведены на стальные кольца и присоединены к ним шпильками. Ток подводится через щеткодержатели 4 с разрезными щетками размером $25 \times 32 \times 64$ мм марки ЭГ-4.

Токосъемные контактные кольца 3 смонтированы на стальной втулке, изолированной пластмассой от корпуса ротора. Ротор имеет успокоительную обмотку (демпферную) 16, выполненную из восьми медных стержней на полюс диаметром 12 мм.

Статор набран из отдельных листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм марки ЭЧ3, имеет 144 паза и 120 вентиляционных отверстий диаметром 27 мм. Каждый лист статора состоит из сегментов, стянутых сварными щеками и закрепительными шпильками с гайками. Обмотка 7 статора двухслойная, волновая, стержневая. Шаг по пазам 1—13—25, сопротивление одной фазы при 20°C — 0,0011 Ом. Обмотка в пазах укреплена пластмассовыми

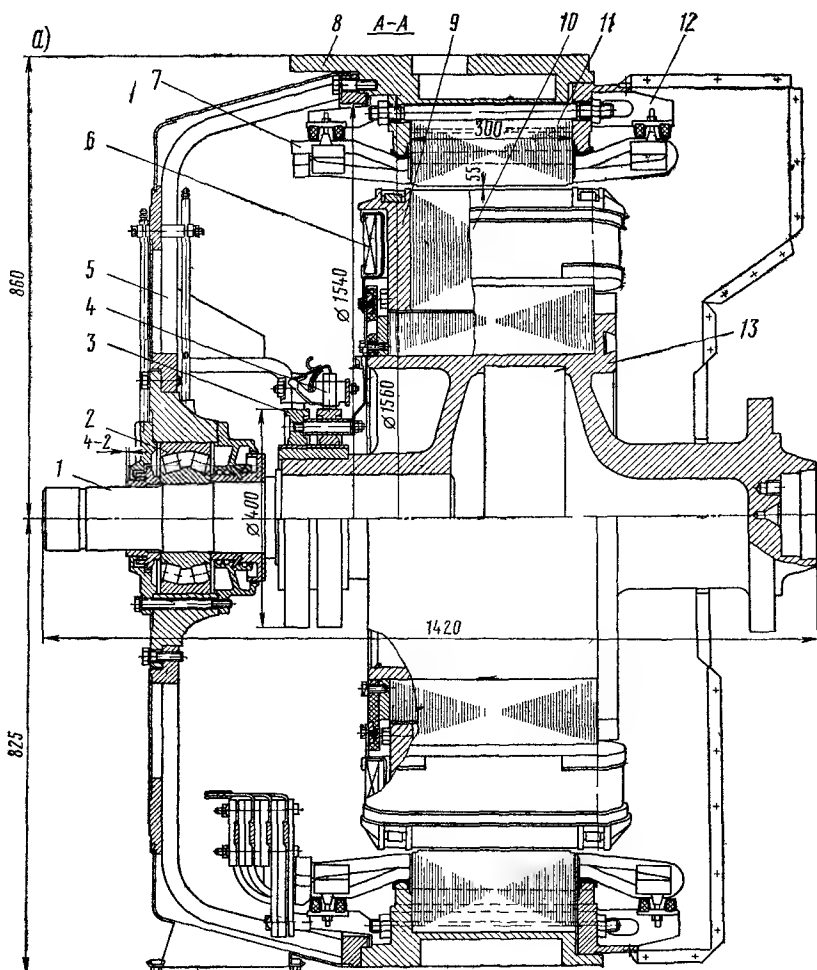
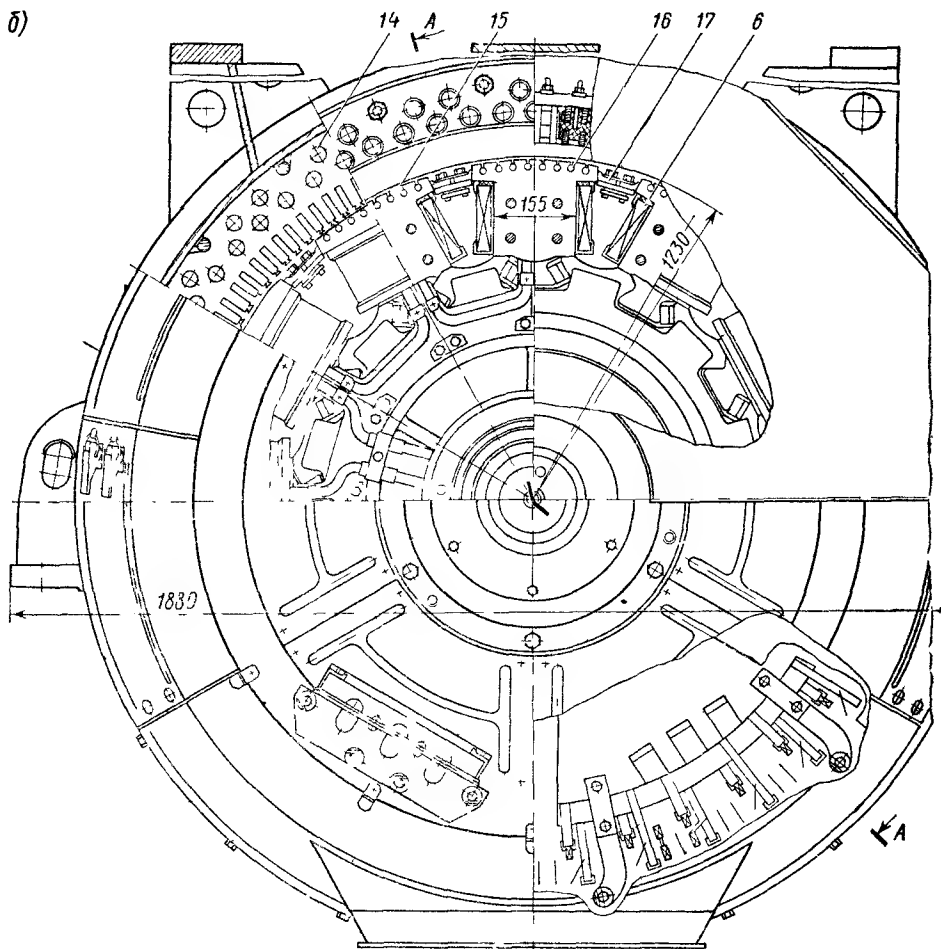


Рис 26 Синхронный генератор

1 — вал, 2 — подшипник, 3 — контактные кольца, 4 — щеткодержатели, 5 — подшипниковый ротора, 10 — ротор, 11 — сердечник статора, 12 — крепление лобовой части обмотки статора; полюса ротора, 16 — демпферная обмотка;

клиньями, а лобовые части — специальными колодками на нажимных плитах статора 12. Катушки соединены специальными шинами, жестко прикрепленными к корпусу статора. Расположение обмотки статора в пазу показано на рис. 27. Изоляция обмотки возбуждения (ротора) и статора класса F, контактных колец класса B.

Генератор имеет шесть выводов от двух звезд обмотки статора, два вывода от нулевых точек и два от обмотки возбуждения. Вентиляция аксиальная (осевая), независимая, расход воздуха 4,45 м³/с при напоре не менее 1,37 кПа, вход со стороны дизеля,



типа ГС 501А:

щит, 6 — катушка полюса ротора, 7 — обмотка статора, 8 — станина; 9 — щеки статора и 13 — корпус ротора, 14 — вентиляционные отверстия сердечника статора, 15 — сердечник, 17 — межкатушечные соединения

выход со стороны токосъемных колец. В нижней части подшипникового щита укреплен стальной патрубок, через который выбрасывается нагретый воздух. Охлаждающий воздух забирается снаружи через фильтры, установленные с боков кузова, очищающие воздух от пыли, масла, капель воды.

Тяговый агрегат. На тепловозах 2ТЭ121, ТЭП75 и ТЭ120 для уменьшения массы и габаритов применены тяговые агрегаты типов А-714, А-713 и А-711, которые включают в себя тяговый синхронный генератор (СГ) и синхронный генератор собственных нужд (ГСН).

Параметры тягового агрегата А-714, устанавливаемого на тепловоз 2ГЭ121, следующие:

	Тяговый генератор	Генератор собственных нужд
Активная мощность, кВт	2800	630
Линейное напряжение, В	580/366	400
Действующее значение линейного тока, А	$2 \times 1520/2 \times 2400$	2×570
Частота вращения, об/мин		1000
Частота тока, Гц	100	100
К п д, %	95,8/95	91

Исполнение агрегата защищенное с независимой нагнетательной вентиляцией. Основным несущим узлом этого агрегата является статор синхронного тягового генератора (рис 28). Для расположения генератора собственных нужд имеется промежуточный щит. Статор генератора собственных нужд расположен таким образом, что его передняя нажимная шайба упирается в торец промежуточного щита, чем обеспечивается необходимая жесткость конструкции. К подшипниковому щиту агрегата относятся литая ступица, подшипник и крышки с уплотнительными кольцами. Ротор агрегата имеет общий безвальной конструкции корпус (сварно-литой). На корпусе расположены две самостоятельные системы полюсов — тягового синхронного генератора и генератора собственных нужд. За вспомогательным генератором расположены контактные кольца обеих машин. Конструкция тягового генератора СГ подобна описанной выше. Опорные лапы агрегата по расположению базовых отверстий унифицированы с опорными лапами генератора ГС-504А, что дает возможность устанавливать агрегат взамен генератора ГС-504А без переделки поддизельной рамы.

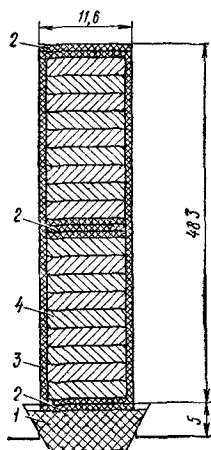


Рис 27 Расположение обмотки статора в пазу

1 — клин, 2 — прокладки, 3 — изоляция от корпуса, 4 — медь

Генератор собственных нужд обеспечивает питание обмотки возбуждения тягового генератора, привода вспомогательных механизмов, устройств автоматики и др. Возбуждение ГСН осуществляется по принципу самовозбуждения. Это явнополюсная машина, имеющая двенадцать полюсов, расположенных на роторе и получающих питание от собственной статорной обмотки. В пазах статора располагаются две трехфазные обмотки, сдвинутые на 30° эл.

Сердечник 5 статора выполнен из листов стали Э43 толщиной 0,5 мм, в которых выштамповано сорок вентиляционных каналов. В пазах статора уложена волновая обмотка, имеющая изоляцию класса F. Лобовые части обмотки 7 статора крепятся к корпусу статора специальными обмоткодержателями. Сердечники 3 полюсов ротора набраны из листов стали толщиной 1,4 мм, спрессованы и стянуты шпильками. Обмотки 4 полюсов

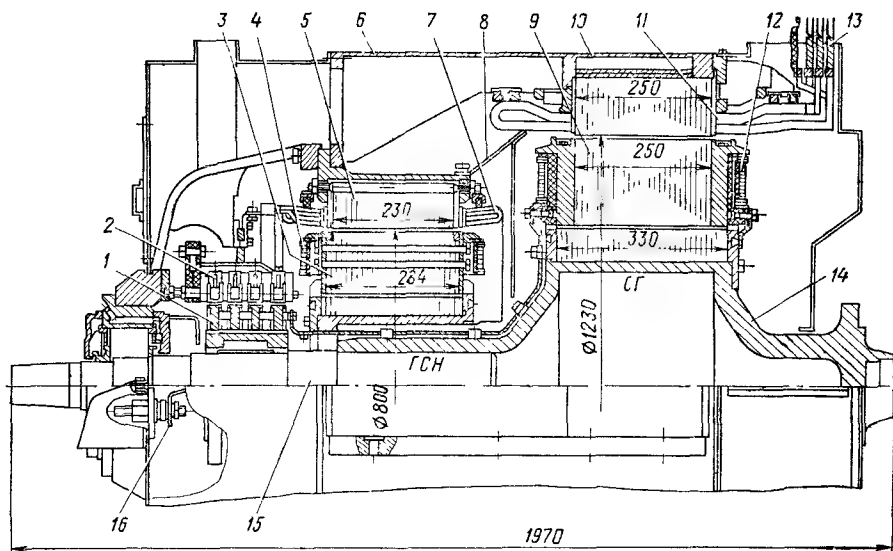


Рис. 28. Тяговый агрегат А-714:

1 — контактные кольца СГ и ГСН; 2 — щеткодержатели, 3 — сердечник ротора ГСН; 4 — обмотка полюсов ротора ГСН, 5 — сердечник статора ГСН; 6 — промежуточный щит; 7 — обмотка статора ГСН, 8 — диафрагма; 9 — ротор СГ; 10 — станина; 11 — обмотка статора СГ; 12 — обмотка ротора; 13 — выводы обмотки статора и нулевой точки; 14 — корпус ротора; 15 — вал укороченный, 16 — выводы обмоток ГСН

выполнены из медной ленты ЛММ $1,08 \times 22$ мм и имеют изоляцию класса F.

Агрегат имеет двадцать выводов. Восемь выводов от обмотки статора тягового генератора расположены со стороны дизеля, из них шесть — от двух звезд и два от нулевых точек. Двенадцать выводов расположены со стороны контактных колец — шесть от двух звезд обмотки статора генератора собственных нужд, два от нулевых точек и четыре от обмоток возбуждения СГ и ГСН.

6. ДВУХМАШИННЫЕ АГРЕГАТЫ. РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ТЯГОВОГО ГЕНЕРАТОРА

Вспомогательный генератор и возбудитель. На тепловозах установлены вспомогательный генератор и возбудитель, выполненные в виде двухмашинного агрегата. Так, на тепловозах 2ТЭ10В установлен агрегат А-706Б, имеющий следующую техническую характеристику:

Тип машины	В-600	ВГТ-275/120
Мощность, кВт	20,6	12
Напряжение, В	165	75
Ток, А	125	160
Частота вращения якоря, об/мин	1800	1800

Направление вращения (со стороны привода)

Правое

Щетки

ЭГ-14

ЭГ-14, ЭГ-8*

Размер щеток, мм

12,5×44×40

12,5×44×40

Возбуждение

независимое

параллельное

Число главных полюсов

6

6

Число добавочных полюсов

5

5

Изоляция

не ниже класса В

Сопротивление обмоток при 20° С, Ом:

независимого возбуждения

2,85/5,24**

—

параллельного возбуждения

—

7,32

добавочных полюсов

0,0195

0,0195

якоря

0,0305

0,0305

К. п. д., %

84,5

76

Масса, кг

660

* Для контактных колец

** Для размагничивающей обмотки.

Возбудитель В-600 (рис. 29) предназначен для питания независимой обмотки возбуждения тягового генератора. От вспомогательного генератора получают питание размагничивающая обмотка возбудителя, обмотка возбуждения синхронного подвозбудителя, цепи управления, освещения, заряда аккумуляторной батареи и

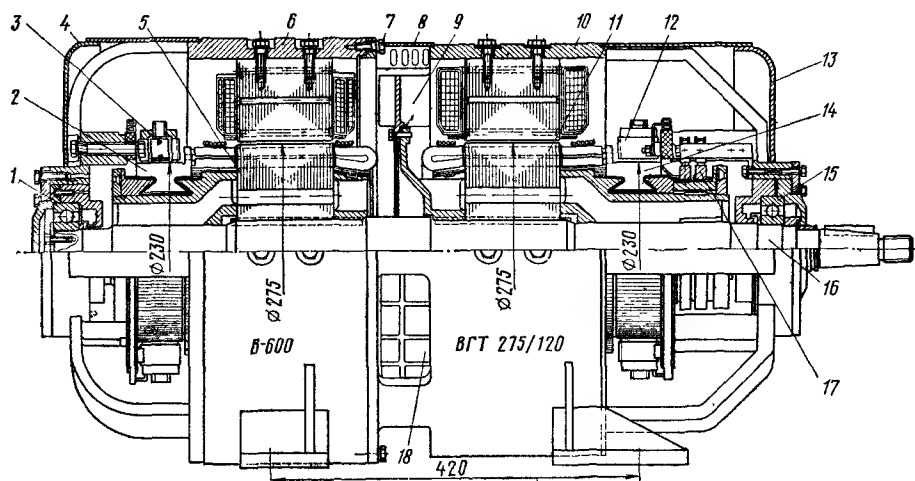


Рис. 29. Двухмашинный агрегат тепловоза 2ТЭ10В:

1, 15 — подшипники; 2, 14 — коллекторы; 3, 12 — щеткодержатели; 4, 13 — щетки; 5, 11 — якоря возбудителя и вспомогательного генератора; 6, 10 — статоры возбудителя и генератора; 7 — болты, скрепляющие статоры возбудителя; 8 — сетка; 9 — вентиль; 16 — вал якоря; 17 — контактные кольца; 18 — вентиляционные отверстия

привода различных механизмов тепловоза. Возбудитель и вспомогательный генератор монтируют в одном корпусе на двух подшипниках. Якоря машин имеют общий вал, который получает вращение от вала дизеля. Исполнение агрегата закрытое, с самовентиляцией. Возбудитель и вспомогательный генератор имеют одно и то же число коллекторных пластин, пазов, а также одинаковые размеры паза и длину сердечника. Коллекторы арочного типа опрессованы пластмассой. На удлиненную втулку коллектора вспомогательного генератора насажены контактные кольца 17, предназначенные для питания переменным током радиостанции тепловоза.

Сердечники якорей набраны из отдельных листов электротехнической стали. В их пазы уложены волновые обмотки, закрепленные проволочными бандажами. Каждая машина агрегата имеет шесть щеткодержателей, закрепленных на траверсах, обеспечивающих поворот щеткодержателей при установке электрической нейтрالي.

Станины возбудителя и вспомогательного генератора соединены болтами. К каждой станине прикреплено болтами шесть главных и пять добавочных полюсов. Катушка главных полюсов возбудителя имеет две обмотки независимого возбуждения и размагничивающую.

Обмотка независимого возбуждения питается от магнитного усилителя напряжением до 40 В. Размагничивающая обмотка, подключенная к вспомогательному генератору, снимает остаточное намагничивание и дает возможность снижать напряжение тягового генератора почти до нуля, чем обеспечивает ограничение тока генератора при разгоне тепловоза. При аварийном режиме полярность обмотки меняется и она становится подмагничивающей.

На сердечниках главных полюсов вспомогательного генератора размещена параллельная (шунтовая) обмотка. На литых сердечниках добавочных полюсов размещены катушки, залитые эпоксидным компаундом.

Охлаждающий воздух всасывается через открытые нижние части подшипниковых щитов, проходит параллельными потоками (между полюсами магнитных систем и через отверстия в сердечниках якоря) и выходит наружу через выпускные отверстия, расположенные в середине станины агрегата.

Щеткодержатели прикреплены к траверсам, выполненным в виде колец из гетинакса. На каждой траверсе установлено шесть щеткодержателей, корпуса которых отлиты из латуни. Нажатие на щетку осуществляется через откидной курок спиральной пружины; нажатие 1,1—2,0 Н. Для регулирования положения щеток по отношению к нейтрали отверстия в траверсе под крепящие болты выполнены овальными и допускают ее поворот на небольшой угол. После испытаний на заводе положение траверсы отмечается риской и красной чертой.

Двухмашинный агрегат. На тепловозах ТЭМ2, ТЭМ1, ТЭ2 и ТЭ1 установлен двухмашинный агрегат, состоящий из возбудителя МВТ-25/9 и вспомогательного генератора МВТ-25/11 (рис. 30).

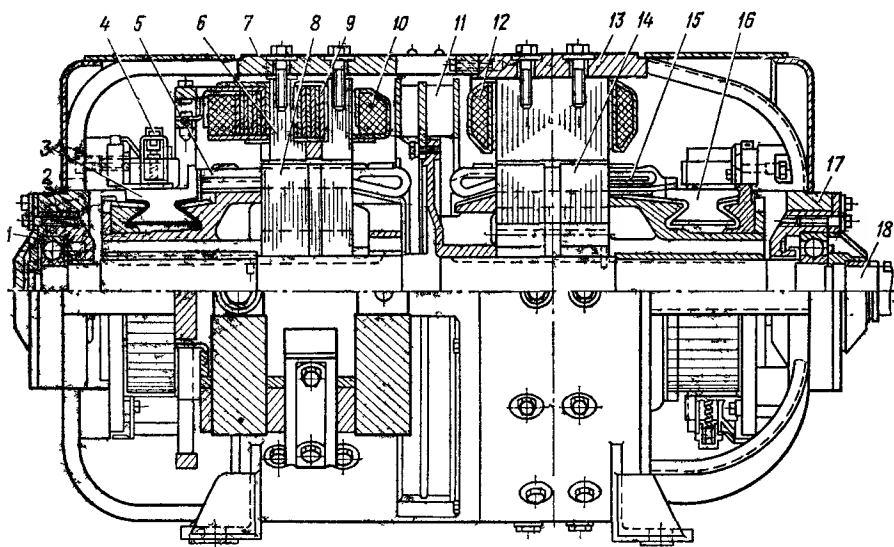


Рис. 30. Двухмашинный агрегат с возбудителем типа MBT-25/9 и вспомогательным генератором типа MBG-25/11:

1 — шарикоподшипник; 2, 17 — подшипниковые щиты возбудителя и вспомогательного генератора; 3, 16 — коллекторы; 4 — щеткодержатель; 5, 15 — обмотки якоря; 6 — сердечник главного полюса возбудителя; 7, 13 — станины возбудителя и генератора; 8, 14 — якоря возбудителя и генератора; 9 — дифференциальная обмотка возбудителя; 10 — параллельная обмотка возбуждения возбудителя; 11 — вентиляторное колесо; 12 — главный полюс вспомогательного генератора; 18 — вал якоря

Это электрические машины постоянного тока, самовентилирующиеся, с волновой обмоткой якоря, имеющие следующую техническую характеристику:

Тип	MBT-25/9	MBG-25/11
Номинальная мощность, кВт	3,6/5,6	5/5,75
Номинальное напряжение, В	55/75	75
Максимальное напряжение, В	75	—
Номинальный ток, А	65/75	66
Номинальная частота вращения, об/мин	1776/2000	1776/2000

Возбудитель типа MBT-25/9 является машиной с продольно расщепленными полюсами (рис. 31). Конструктивно возбудитель и вспомогательный генератор составляют один агрегат, якорь которого приводится во вращение ременной передачей от вала дизеля,

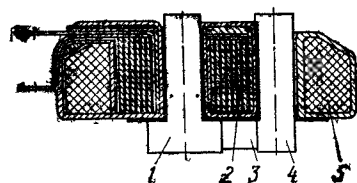


Рис 31. Расщепленный полюс возбудителя MBT-25/9

1, 4 — сердечники полюса, 2 — дифференциальная обмотка; 3 — латунная проставка, 5 — параллельная обмотка

Станины возбудителя и вспомогательного генератора (см. рис. 30) имеют кольцообразную форму. Снизу к ним приварены четыре лапы. Станина возбудителя прикреплена к станине вспомогательного генератора болтами. К фланцу якоря вспомогательного генератора прикреплено болтами вентиляционное колесо 11, имеющее двусторонние косые крылья. Вентиляция агрегата параллельная. Магнитный поток создают четыре расщепленных главных полюса, сердечники которых разделены по оси на две части.

На каждом полюсе возбудителя расположены две обмотки: независимая (параллельная) и дифференциальная 9. Независимая обмотка получает питание от вспомогательного генератора и якоря возбудителя и имеет 242 витка. Она выполнена из медной проволоки с эмалевой изоляцией. Витки обмотки уложены в 13 слоев. Дифференциальная обмотка, выполненная из голый меди размером $2,63 \times 47$ мм, имеет семь витков. В собранном виде катушки обмоток компаундированы и покрыты серой эмалью. Катушки обмоток возбудителя, как и у тягового генератора, выполняются с открытыми и перекрещенными выводами.

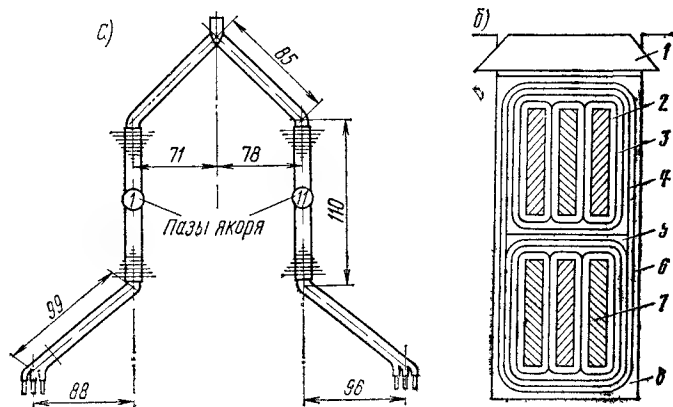
Сердечник якоря возбудителя набран из листовой электротехнической стали толщиной 0,5 мм, для правильной посадки на вал якоря сердечник имеет шпоночную канавку. Примерно в середине сердечника якоря проложено 25 латунных листов толщиной 0,5 мм.

Обмотка якоря возбудителя волновая (рис. 32, а) с двумя параллельными ветвями. Секция обмотки выполнена из прямоугольной меди марки ПБД размером $1,16 \times 6,9$ мм. Каждая секция состоит из трех проводников. В паз уложены две полусекции (рис. 32, б). При закладке секций в паз на дно его и между секциями ставят миканитовые прокладки. Секции укреплены в пазах якоря гетинаксовыми клиньями. Выступающие части обмотки (лобовые части) удерживаются бандажами из проволоки диаметром 1,2 мм.

Концы секций обмотки якоря припаяны к петушкам коллекторных пластин. Шаг обмотки по пазам равен 1—11, шаг по коллекто-

Рис. 32 Секция обмотки якоря (а) и ее расположение в пазу (б) якоря возбудителя МВТ-25/9;

1 — гетинаксовый клин; 2 — пропитанная в лаке бумага; 3 — миканитовая бумага; 4 — лента бандажистовая, пропитанная в лаке; 5, 8 — прокладки миканитовые; 6 — прессшпан; 7 — медь



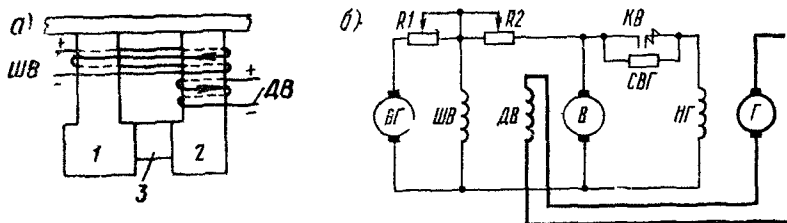


Рис 33 Регулирование возбуждения тягового генератора

а — схема расщепленного полюса, б — упрощенная схема возбуждения генератора тепловозов ТЭМ2 ТЭМ1, ТЭ2 и ТЭ1 Г — тяговый генератор, В — возбудитель ВГ — вспомогательный генератор НГ — обмотка независимого возбуждения тягового генератора ДВ — дифференциальная обмотка возбуждения возбудителя ШВ — параллельная (независимая) обмотка возбуждения возбудителя КВ — контактор возбуждения генератора R1 R2 — регулируемые резисторы

ру 1—68 Коллектор состоит из 135 пластин. На возбудителе установлены четыре щеткодержателя. В каждом щеткодержателе помещена одна щетка марки ЭГ-14 размером $44 \times 12,5 \times 40$ мм. Нажатие на щетку должно составлять 9,8—10,8 Н

Напряжение тягового генератора на тепловозах ТЭМ2, ТЭМ1, ТЭ1 и ТЭ2 регулируется возбудителем с продольно расщепленными полюсами

Расщепленные полюсы разделены по длине латунной проставкой 3 на две части (1 и 2) На них размещена (рис 33, а) независимая (параллельная) обмотка возбуждения ШВ, охватывающая обе части полюса, и дифференциальная ДВ, охватывающая только вторую часть

Результирующая э д с, индуктируемая в обмотке якоря, равна алгебраической сумме э д с, индуктируемых потоками каждой части полюса $E_B = E_1 + E_2$ По дифференциальной обмотке протекает ток тягового генератора Независимая обмотка возбуждения имеет двойное питание от вспомогательного генератора, напряжение которого поддерживается постоянным, и якоря возбудителя (рис. 33, б). Основным является питание от вспомогательного генератора, вследствие чего э д с E_1 , создаваемая независимой обмоткой, почти не зависит от нагрузки (рис 34). Электродвижущая сила E_2 индуктируется в якоре вследствие взаимодействия магнитных потоков независимой и дифференциальной обмоток.

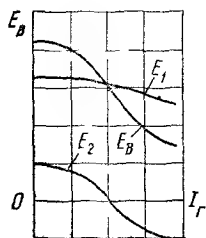


Рис 34 Зависимость э д с возбудителя E_B от тока генератора I_G : E_2 — э д с, создаваемая дифференциальной и независимой обмотками во второй части полюса E_1 — э д с создаваемая независимой обмоткой в первой части полюса

При токе генератора, равном нулю ($I_G = 0$), поток в части 2 полюса создается только независимой обмоткой (рис. 33, а). С увеличением тока генератора поток уменьшается, так как поток дифференциальной обмотки противодействует потоку независимой обмотки. При равенстве

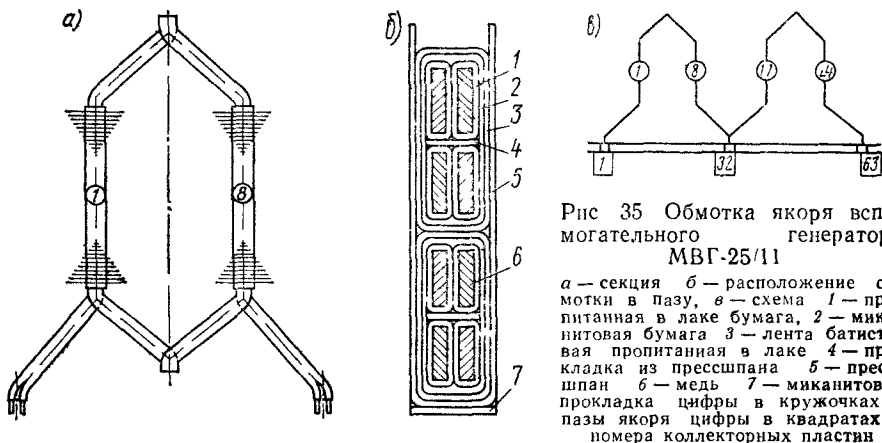


Рис 35 Обмотка якоря вспомогательного генератора МВГ-25/11

а — секция б — расположение обмотки в пазу, в — схема 1 — пропитанная в лаке бумага, 2 — миканитовая бумага 3 — лента батиновая пропитанная в лаке 4 — прокладка из прессшпана 5 — прессшпан 6 — медь 7 — миканитовая прокладка цифры в кружочках — пазы якоря цифры в квадратах — номера коллекторных пластин

э. д. с. обеих обмоток поток равен нулю. Если ток генератора продолжает увеличиваться, то магнитный поток меняет свое направление, т. е. преобладает поток дифференциальной обмотки. Электродвижущая сила E_2 пропорциональна потоку (при постоянной частоте вращения якоря), поэтому ее можно представить кривой, показанной на рис. 34. На этом же рисунке приведена кривая э. д. с. возбуждателя E_v , полученная в результате алгебраического сложения E_1 и E_2 . Характеристика возбуждателя, т. е. зависимость э. д. с. возбуждателя от тока генератора, определяет внешнюю характеристику тягового генератора.

Таким образом, подбирая магнитную характеристику возбуждателя, можно создать такую внешнюю характеристику тягового генератора (см. рис. 4), которая на участке б—в будет весьма близкой к гиперболе. Пренебрегая изменением к. п. д. генератора и вспомогательной нагрузки, можно считать, что в этих пределах мощность дизеля поддерживается постоянной.

Вспомогательный генератор типа МВГ-25/11 имеет шесть главных и шесть добавочных полюсов. Возбуждение параллельное. Обмотка якоря вспомогательного генератора волновая, с двумя параллельными ветвями. Секция обмотки выполнена из прямоугольной меди размером $1,56 \times 5,1$ мм с изоляцией ПБД. Она состоит из двух витков — так называемая двухвитковая секция (рис. 35). В пазах секции удерживаются проволочным бандажом. Лобовые части в местах намотки бандажей дополнительно изолированы литероидом и асбестовым полотном.

Обмотка якоря имеет шаг по пазам 1—8, по коллектору 1—32. Коллектор собран из 92 коллекторных пластин. В обмотке главного полюса 394 витка; она выполнена из круглой меди диаметром 1,56 мм.

После намотки на катушку накладывают временные бандажи из киперной ленты, и она компаундируется. Затем бандажи снимают, накладывают миканит, а на углы дополнительно подкла-

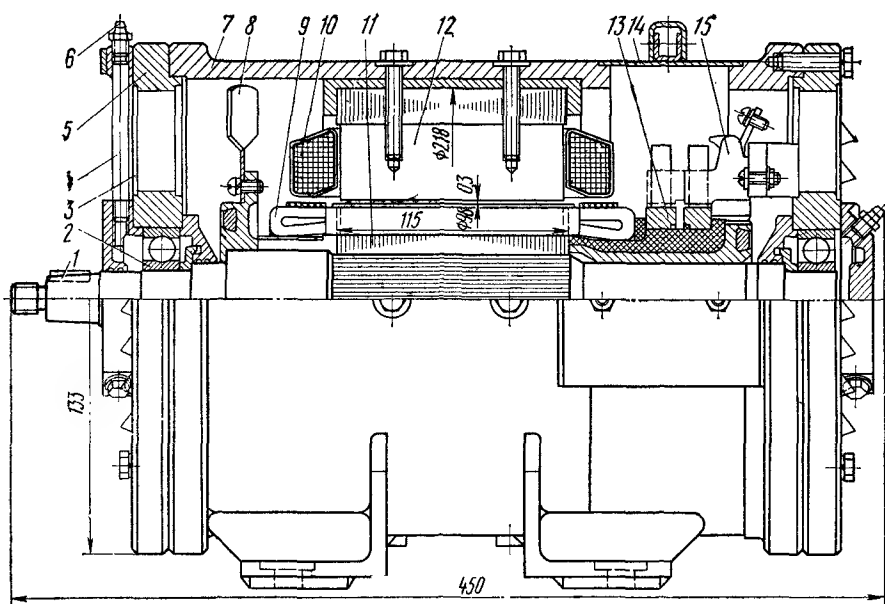


Рис. 36. Подвозбудитель ВС-652:

1 — вал; 2 — подшипник; 3 — крышка; 4 — трубка для смазки; 5 — щит подшипниковый; 6 — масленка; 7 — станина; 8 — вентилятор; 9 — обмотка якоря; 10 — катушка полюса; 11 — сердечник якоря; 12 — сердечник полюса; 13 — контактные кольца; 14 — крышка; 15 — щеткодержатель

дывают прессшпан. После этого катушку изолируют киперной лентой вполуперекрышу и покрывают серой эмалью.

Вспомогательный генератор снабжен четырьмя щеткодержателями. Щетки такие же, как и у возбудителя. На тепловозах 2ТЭ10Л, ТЭ10 и ТЭП60 установлен агрегат А-705А, который состоит из синхронного подвозбудителя ГС-500 и тахогенератора ТГ-83/35. Подвозбудитель питает систему возбуждения возбудителя переменным током, а тахогенератор питает задающую обмотку магнитного усилителя. Тахогенератор заменен бесконтактным блоком задания возбуждения, поэтому взамен агрегата изготавливают подвозбудитель ВС-652.

Синхронный подвозбудитель типа ВС-652. Для питания рабочих обмоток магнитных усилителей и трансформаторов в системе возбуждения возбудителя тягового генератора используется синхронный подвозбудитель.

Подвозбудитель является однофазной машиной переменного тока с неподвижной обмоткой возбуждения, защищенного исполнения с одним свободным концом вала. Мощность его 1,1 кВА, напряжение 110 В, ток 10 А, частота вращения 4000 об/мин.

В якоре для съема напряжения имеются два контактных кольца 13 (рис. 36). На каждом кольце установлено по два щеткодержателя 15, соединенных токособирающими шинами. Якорь враща-

ется на двух шарикоподшипниках 2, встроенных в подшипниковые щиты 5. Смазку в подшипники добавляют через масленки 6, выведенные с помощью трубок 4 на наружную поверхность щитов.

У подвозбудителя типа ВС-652 четыре полюса. Каждый полюс имеет обмотку возбуждения. Катушки возбуждения соединены последовательно. Окна со стороны контактных колец служат для осмотра щеткодержателей и контактных колец.

7. ТЯГОВЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

По конструкции тяговые электродвигатели тепловозов значительно отличаются от обычных стационарных машин. Это объясняется тем, что в эксплуатации они работают в тяжелых режимах и подвержены ударам и вибрациям, неизбежным при движении тепловоза. Габариты тягового электродвигателя, расположенного под рамой тепловоза, весьма ограничены. Длина его определяется расстоянием между внутренними гранями бандажей колес, высота — диаметром движущихся колес и допустимым расстоянием от нижней точки электродвигателя до головки рельса.

Основные технические данные тепловозных электродвигателей приведены в табл. 4.

Тяговые электродвигатели тепловозов выполняются в большинстве случаев с опорно-осевой (трамвайной) подвеской, и только пассажирские тепловозы ТЭП60, ТЭП70, ТЭП75 и мощный грузовой тепловоз 2ТЭ121 имеют опорно-рамную подвеску.

Тяговые электродвигатели постоянного тока. На всех тепловозах мощностью до 2210 кВт с 1975 г. устанавливаются электродвигатели ЭД-118А (рис. 37).

Остов предназначен для крепления на нем главных и добавочных полюсов, подшипниковых щитов, узла подвешивания моторно-осевых подшипников и других деталей. Кроме того, остов является магнитопроводом электродвигателя. Поэтому он, как и в других электрических машинах тепловоза, отлит из углеродистой стали, обладающей высокой механической прочностью и магнитопроводимостью.

В остове не должно быть раковин, трещин и других дефектов. Обработанные поверхности зачищены от заусенцев, а необработанные покрыты эмалью. Для лучшего использования внутреннего пространства и более удобного размещения главных и добавочных полюсов остов сделан восьмигранным. Главные полюсы расположены по горизонтальной и вертикальной осям, добавочные — по осям, наклоненным под углом 45° к горизонтали. Такое расположение полюсов позволяет получить наименьшие габаритные размеры тягового электродвигателя при четырехполюсном исполнении.

Подвеска электродвигателя к раме тележки осуществляется при помощи опорных приливов (носиков) 28, между которыми помещена траверса подвески. Малые приливы 29 служат для предохранения двигателя от падения на путь при поломке опорных приливов или траверсных пружин. С другой стороны на остове выпол-

Таблица 4

Тип электро- двигателя	При соедине- нии на тепловозе	Номинальная мощ- ность, кВт	Ток двигателя, А	Напряжение дви- тельного, В	Частота враще- ния, об/мин.		Вращающий момент, Н·м		Передаточное отно- шение	Тип подвески	Воздушный зазор под средней глав- ной полусой, мм	Воздушный зазор под лобовыми по- люсом, мм	Число коллекторных пластин	Масса, кг
					Длительная	Максималь- ная	Длительная	Максималь- ный						
ДК-304Б	ТЭ1, ТЭ2	152	725	235	425	2200	3490	—	4,69	Опорно- осевая	2,75	4	150	2550
ЭДТ-200Б	ТЭ3, ТЭ7, ТЭМ1	206	820	275	500	2200	4020	8 250	4,41	То же	4,50	6,5	150	3300
ЭД-104	ТЭ3Л, ТЭ10 2ТЭ10Л, ТЭП10, ТЭМ2	307	710	470	605	2480	4950	7 400	4,93	»	4,50	8	232	2850
ЭД-118А	2ТЭ10Л, 2ТЭ10В, 2ТЭ116, ТЭМ2, М62	305	720	463	590	2290	3500	10 900	4,53	»	7	10	216	3100
ЭД-107	ТЭ10, 2ТЭ10Л, ТЭП10, М62, ТЭМ2, ТЭ40	305	720	463	580	2290	5150	9 300	4,53	»	7	10	216	3100
ЭД-108	ТЭП60	306	700	476	600	2250	5000	9 300	2,32	Опорно- рамная	7	10	216	3550
ЭДТ-340В	ТЭМ2	113	590	476	264	2290	4700	—	4,53	Опорно- осевая	7	16	232	2800
ЭД-126У1	2ТЭ121 ТЭП70	406 411	880 900	510 500	527 705	1890 2320	— 5080	— —	— —	Опорно- рамная	—	10,5	232	3250

Примечание: Все тяговые электродвигатели имеют пазарисимую вентиляцию простую петлевою обмотку якоря

нены расточки под моторно-осевые вкладыши и места установки корпусов моторно-осевых подшипников (шапок). Один вкладыш подшипника установлен в осто́ве, а другой — в шапке моторно-осевого подшипника. Каждый подшипник прикреплен к осто́ву четырьмя болтами. На осто́ве имеются также приливы с отверстиями для болтов, которые служат для закрепления кожуха зубчатой передачи.

В верхней части осто́ва со стороны коллектора имеется вентиляционное отверстие 8, соединенное брезентовой гармоникой (рукавом) с вентиляционным каналом охлаждения электродвигателей. Охлаждающий воздух выпускается с противоположной стороны через отверстия 15 в осто́ве. Остов имеет три выпускных отверстия, защищенных сетками и щитками.

Для осмотра коллектора и щеток в осто́ве сделаны три коллекторных люка (верхний, нижний и боковой), закрываемых **крышками** с войлочными и паронитовыми уплотнениями, **предотвращающими** попадание пыли и влаги внутрь электродвигателя. Крышка верхнего коллекторного люка (быстросъемная) закрывается замком, а крышки нижнего и бокового люков — болтами. Расположение люков дает возможность осмотреть все щеткодержатели, а также коллектор по всей окружности. В торцевой части осто́ва со стороны коллектора установлены и приварены четыре кронштейна.

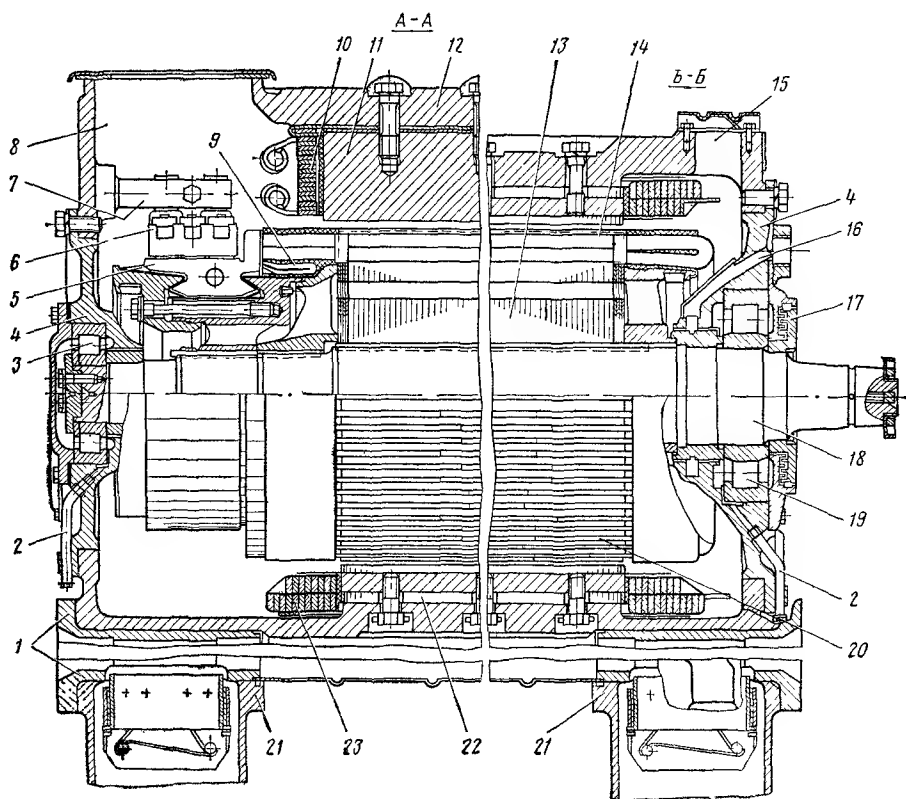
Через круглые горловины в торцах осто́ва выполняется сборка электродвигателя. Эти горловины после сборки закрывают подшипниковыми щитами. Проушины осто́ва служат для монтажа и снятия электродвигателя с тележки, а также для перемещения его с одного места на другое.

К силовой цепи тяговый электродвигатель подсоединяется четырьмя гибкими кабелями, которые выводятся из осто́ва через отверстия в верхней его части. В отверстие вставлены резиновые втулки, препятствующие попаданию влаги внутрь электродвигателя и предохраняющие кабели от перетирания. Кабельные выводы крепятся к осто́ву зажимами 25 из древеснослоистого пластика, называемыми клицами. Якорь опирается на два роликовых подшипника 3 (8Н924171М) и 19 (8Н32330М), установленных в подшипниковых щитах 4. Последние испытывают большие нагрузки и поэтому изготавливаются из стали, а не из чугуна.

Выточки в щитах под роликовые подшипники и посадочные поверхности щитов должны быть строго концентричны. Биение этих поверхностей допускается не более 0,1 мм. К внутренней части подшипникового щита прикреплено кольцо с лабиринтными канавками. В подшипниковом щите, расположенном со стороны коллектора, установлен опорно-упорный подшипник 3, наружное кольцо которого имеет буртики с двух сторон, а внутреннее — только с одной стороны. Внутреннее кольцо насажено на вал якоря в нагретом состоянии. К торцу вала якоря шайбой и болтами прикреплено упорное кольцо. Подшипник 3 воспринимает усилия, направленные вдоль вала якоря. Продольный разбег якоря составляет 0,08—0,5 мм.

Перед насадкой внутреннего кольца подшипника на вал надевают переднее лабиринтное кольцо с канавками. Эти канавки и лабиринтное кольцо подшипникового щита образуют уплотнение, препятствующее проникновению смазки в полость двигателя. Снаружи полость подшипника закрыта крышкой. Крышка прикреплена к щиту болтами, а так как она должна закреплять наружное кольцо подшипника, то между ней и щитом имеется зазор (0,2—0,7 мм), который при сборке заполняется белилами.

В подшипниковом щите, установленном со стороны шестерни, находится опорный роликовый подшипник, внутреннее кольцо которого насажено на вал якоря в нагретом состоянии вследствие лабиринтным кольцом. Крышка подшипника имеет снаружи лабиринтные канавки, в которые входят выступы посаженного на вал лабиринтного кольца 17. Оно предотвращает вытекание смазки из подшипника. Для предохранения от проникновения смазки внутрь двигателя служит воздушный канал (дренажное отверстие) 16 в щите 4 с комбинированными уплотнениями. Смазку роликовых подшипников закладывают в кольцевые углубления подшипниковых щитов. В период эксплуатации смазку в подшипники добавляют шприц-прессом через масленки.



Подшипниковые щиты плотно пригнаны к остову и прикреплены к нему болтами, под головки которых подложены пружинные шайбы, предохраняющие болты от самоотвертывания. Для выпрессовки подшипниковых щитов из остова электродвигателя используются просверленные в них отверстия с резьбой.

Главные полюсы имеют сердечники, набранные из штампованных листов малоуглеродистой стали Ст2 толщиной 2 мм. Листы сердечников спрессованы и стянуты четырьмя заклепками с потайными головками. Чтобы головки заклепок уместились и равномерно распределилось усилие, крайние листы изготовлены более толстыми.

В середине каждого листа сердечника выштамповано отверстие, куда после сборки запрессовывают стальной стержень. Три болта, крепящих сердечник к остову, ввертывают в стержень, при этом усилие от стержня равномерно передается на листы сердечника. Головки болтов заливают кварцкомпанудом, препятствующим просачиванию влаги внутрь остова.

Катушка главного полюса (рис. 38) намотана из шинной меди на широкое ребро (плашмя) в два слоя. Данные обмоток электродвигателя приведены в табл. 5. Витки катушки главных полюсов

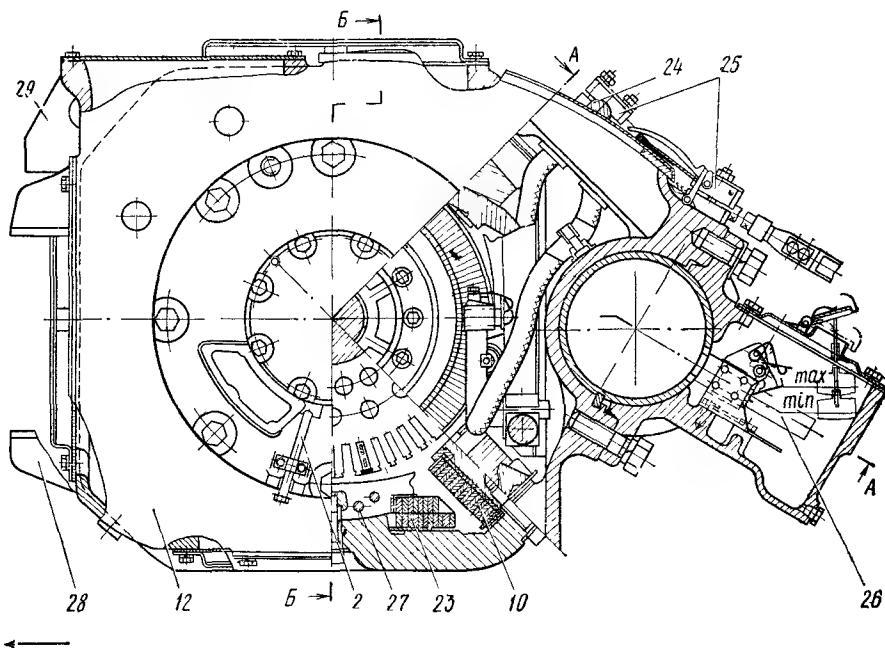


Рис. 37. Тяговый электродвигатель ЭД-118А:

1 — вкладыш моторно-осевого подшипника; 2 — трубки подачи смазки; 3, 19 — роликовые подшипники; 4 — щиты подшипниковые; 5 — коллектор; 6 — корпус щеткодержателя; 7 — кронштейн; 8 — вентиляционное отверстие; 9 — уравнительные соединения; 10, 23 — катушки добавочного и главного полюсов; 11, 22 — сердечники добавочного и главного полюсов; 12 — остов; 13 — сердечник якоря; 14 — обмотка якоря; 15 — выпускные отверстия; 16 — дренажное отверстие; 17 — лабиринтное кольцо; 18 — вал; 20 — стеклотекстолитовый клин; 21 — корпуса (шапки) моторно-осевых подшипников; 24 — выводной провод (кабель); 25 — зажимы; 26 — смазочный фитиль; 27 — заклепка; 28, 29 — опорные и предохранительные приливы

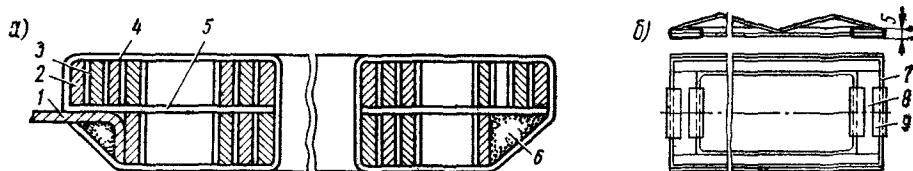


Рис. 38 Главный полюс электродвигателя

а — катушка; б — пружинная рамка; 1 — выводы, 2 — медь; 3 — межвитковая изоляция; 4 — изоляция от корпуса; 5 — прокладка; 6 — изоляционная мастика; 7 — рамка, 8 — пружина пластинчатая, 9 — пластина

изолированы друг от друга асбестовой электроизоляционной бумагой. Катушка состоит из двух полукатушек с числом витков 11 и 8, соединенных между собой последовательно. Различное число витков полукатушек дает лучшее заполнение междукатушечного пространства.

Таблица 5

Обмотки	Класс изоляции	Число витков	Сопротивление при 15° С, Ом	Марка провода	Размер провода без изоляции, мм
Главных полюсов	F	19	0,0105	Шинная медь МГМ	8×25
Добавочных полюсов	F	17	0,00812	ШММ	6×30
Якоря	F	216/4	0,013	ПЭТВСД	$\frac{1,68 \times 6,4}{(2,22 \times 6,78)^*}$

* С изоляцией

Снаружи катушка (изоляция от корпуса) имеет четыре слоя ленты ЛС40РуТТ и по одному слою ленты стеклянной и пленки электроизоляционной. В местах соприкосновения катушки с остовом дополнительно устанавливают прокладки из стеклоткани и стеклотекстолита СТЭФ-1-0,5. Между слоями катушки также укладывают прокладки из стеклотекстолита. Каждый слой изоляции промазан компаундом; катушку с изоляцией запекают и опрессовывают. После этого ее покрывают эмалью.

Две катушки главных полюсов имеют открытые, две — перекрещенные выводы. Между катушкой и остовом установлена стальная прокладка толщиной 1 мм для предохранения изоляции катушки от грубо обработанной поверхности остова. Чтобы предупредить перемещение катушки по сердечнику при ударах и вибрациях, при уменьшении высоты ее вследствие усыхания изоляции, между катушкой и башмаком полюса проложена двухслойная пружинная рамка (рис. 38, б), создающая после затяжки болтов давление на

катушку. Во избежание повреждения изоляции катушка отделена от башмака предохранительной рамкой из тонколистовой стали.

Добавочные полюсы предназначены для улучшения коммутации тягового электродвигателя. Они, так же как и главные полюсы, состоят из сердечников и катушек (рис. 39). Воздушный зазор под добавочными полюсами 9 мм. Сердечники добавочных полюсов изготовлены сплошными из толстолистовой, литой или прокатанной стали, так как их размеры и поток, проходящий через них, невелики, и, следовательно, потери, вызываемые вихревыми токами, незначительны. В данном двигателе сердечники изготовлены из проката Ст3.

Башмак 9 сердечника 4 уже, чем основное его тело, и для удержания катушки с двух сторон башмака приклепаны немагнитные полюсные наконечники из латуни или дюралюминия. Для надежности крепления полюсные наконечники 8 посажены на зуб. Из условий взаимозаменяемости и плотности крепления сердечники добавочных полюсов обработаны с большой точностью, а болты, крепящие их к остову, изготовлены из термообработанной легированной стали.

Чтобы предупредить перемещение катушки вдоль сердечника (при усыхании изоляции), между ней и остовом установлена пружинная рамка. Между сердечником и остовом поставлены дюралюминиевые немагнитные прокладки, увеличивающие воздушный зазор в магнитной цепи, для уменьшения рассеивания магнитного потока и влияния на коммутацию вихревых токов. Катушка добавочного полюса выполнена из шинной меди, намотанной на узкое

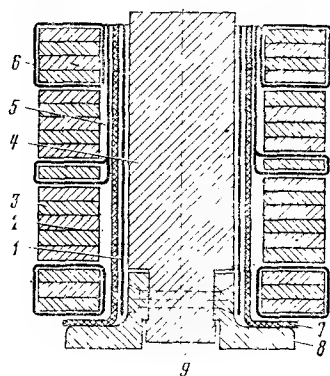


Рис. 39 Добавочный полюс:

1 — прокладка; 2 — мелшпильтовая изоляция; 3 — медь; 4 — сердечник; 5 — заматка П-11; 6 — корпусная изоляция; 7 — каркас катушки; 8 — наконечник сердечника; 9 — башмак сердечника

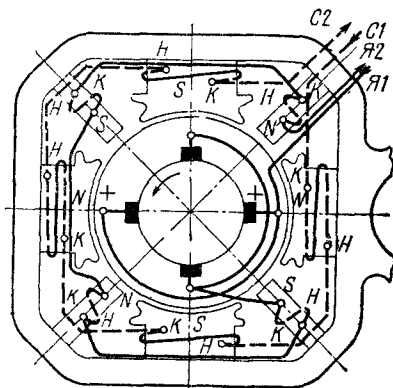


Рис. 40 Схема соединения обмоток полюсов и якоря электродвигателя ЭД-118А:

Я1, Я2 — выводы обмотки якоря и добавочных полюсов; С1, С2 — выводы обмотки возбуждения главных полюсов; Н, К — начало и конец обмотки

Между витками катушки установлены прокладки из асбестовой электроизоляционной бумаги. Полностью изолируют от корпуса только три-четыре витка с каждой стороны тремя слоями ленты ЛС (в полнахлеста) и лентой стеклянной ЛЭС. Со стороны остова и наконечника располагают прокладки из стеклотекстолита. Для повышения теплоотдачи наружную поверхность средних витков катушки не изолируют, а от корпуса они изолированы пятью прокладками из асбестовой электроизоляционной бумаги. Катушка надета на стальной каркас 7. Для изоляции от корпуса ее вместе с каркасом пропитывают в компаунде и затем покрывают эмалью ГФ-92-ГС. Катушки добавочных полюсов соединены последовательно гибкими проводами ППС. Для соединения главных полюсов используют соединительные шины, выполненные из медной ленты ЛММ и изолированные асбестовой, резиновой и стеклянной лентой. Схема соединений обмоток якоря и полюсов электродвигателя представлена на рис. 40 (вид со стороны коллектора).

Якорь тягового электродвигателя состоит из вала, сердечника, нажимных шайб, коллектора и обмотки (см. рис. 37). Вал якоря изготовлен из высококачественной легированной стали, так как он работает в очень тяжелых условиях. Сопряжения участков вала разных диаметров выполнены с плавными переходами. Посадочные поверхности вала шлифованные. Один его конец обработан на конус 1:10 для насадки ведущей шестерни. Шестерня насажена в горячем состоянии без шпонки.

Сердечник якоря набран из штампованных листов электротехнической легированной стали марки Э1300 (толщиной 0,5 мм), покрытых тонким слоем лака с обеих сторон. Листы набираются по массе (363 кг). Толщина крайних листов 1 мм. В каждом листе выштамповано 54 паза и два ряда вентиляционных отверстий (32 шт.) диаметром 27 мм. Середина каждого паза должна совпадать с серединой коллекторной пластины. Сила опрессовки пакета листов якоря 1100—1200 кН.

Нажимные шайбы, одновременно являющиеся обмоткодержателями, отлиты из стали. Со стороны шестерни на валу установлена задняя шайба (открытого типа), со стороны коллектора — передняя. Открытая шайба улучшает охлаждение задних лобовых частей обмотки, но требует соблюдения осторожности при ремонте (чтобы не повредить головок лобовых частей). Переднюю нажимную шайбу перед посадкой нагревают до 160°С и напрессовывают усилием 700—800 кН.

Собранный сердечник без обмотки покрывают эмалью (коричневым грунтом) ФЛ-03К и запекают для повышения коррозионной устойчивости. Нажимные шайбы перед укладкой обмотки якоря покрывают стеклотканью, пропитанной в эпоксидном лаке, опрессовывают и запекают. Это создает монолитный слой изоляции, обладающий влагостойкостью и высокой электрической и механической прочностью.

Коллектор тягового электродвигателя состоит из втулки, нажимного конуса, пластин, двух изоляционных манжет, изоляцион-

ного цилиндра и стяжных болтов (см. рис. 37). Диаметр коллектора 400 мм. Пластины коллектора (их всего 216 шт.) изготовлены из твердотянутой профильной меди, легированной кадмием или серебром. Пластины штампуют за одно целое с петушками. В нижней части они имеют форму ласточкина хвоста, позволяющего прочно скрепить коллектор. Втулка и нажимной конус коллектора, конусные выступы которых входят в выточки пластин, сжаты под прессом и стянуты 12 болтами. Так как коллектор тепловозных электродвигателей работает в напряженных условиях в механическом и тепловом отношении, все детали коллектора изготовляют из высокопрочных материалов. Нельзя не отметить, что коллектор является наиболее сложным узлом в конструктивном, технологическом и эксплуатационном отношении. Состояние коллектора определяет срок службы электродвигателя.

Пластины изолированы друг от друга коллекторным миканитом КФШ толщиной 1,2 мм, а от корпуса — миканитовым цилиндром и манжетами ФФГД толщиной 2 мм. Выступающий конец миканитовой манжеты защищен от внешних воздействий бандажом из стеклянной ленты, покрытым сверху эмалью. В эксплуатации необходимо следить за чистотой бандажа, так как его загрязнение может вызвать переброс тока с коллектора на корпус, что приводит к возгоранию миканитовой манжеты.

В прорези петушков впаивают концы секций обмотки якоря. Каждая четвертая пластина имеет более глубокую прорезь, в которую дополнительно впаивают концы уравнительных соединений. Коллектор балансируют статически при помощи грузов, закрепляемых в специальных канавках в нажимном конусе и втулке.

Динамическую формовку производят не менее четырех раз при температуре коллектора 165°С и частоте вращения 2800 об/мин в течение 20 мин. Внутреннюю полость коллектора проверяют на газоплотность. Коллектор испытывают переменным напряжением 4650 В в течение 1 мин. Собранный коллектор напрессовывают на вал усилием от 100 до 280 кН. Биение коллектора должно быть не более 0,05 мм.

В якорях электродвигателей применена петлевая обмотка с уравнительными соединениями первого рода. Она состоит из 54 катушек и имеет изоляцию класса F. Обмотка якоря имеет шаг по пазам 1—14, шаг по коллектору 1—2 (рис. 41, а). Катушка обмотки якоря состоит из четырех элементарных одновитковых секций. Каждая секция в свою очередь состоит из трех параллельных проводников, расположенных по высоте паза, а четыре витка, входящих в катушки, располагаются по ширине паза, т. е. осуществлена горизонтальная укладка.

Виток разделен по высоте на три параллельных провода для уменьшения потерь от вихревых токов, наводимых потоком рассеяния.

В пазовой части (рис. 41, б) катушка изолирована тремя слоями стеклослюдянитовой лентой ЛС-ПЭ толщиной 0,1 мм вполуперекрышу (полнахлест) и одним слоем стеклянной ленты ЛЭС толщи-

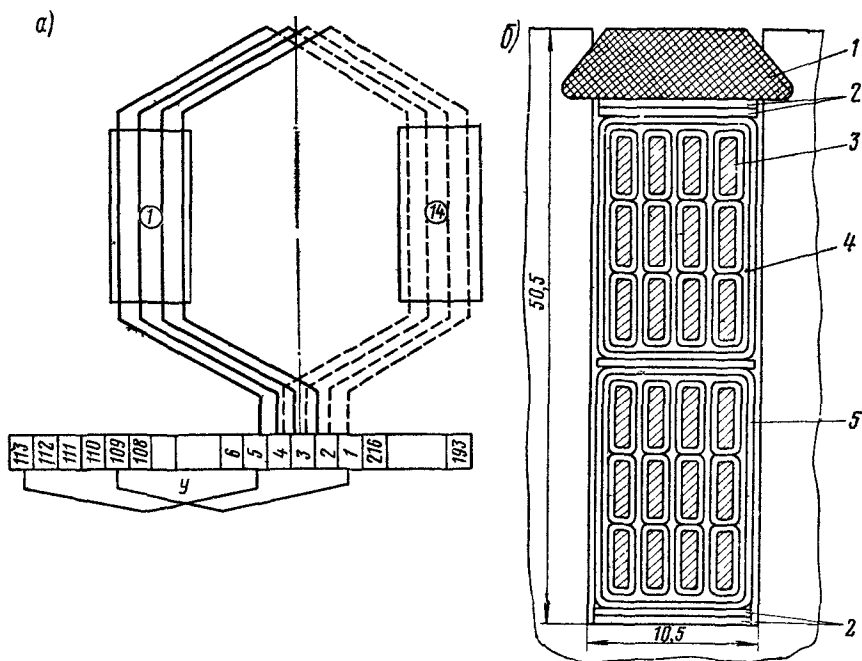


Рис 41 Обмотка якоря:

а — схема, б — разрез паза

1 — клин, 2 — прокладки под клин и на дне паза, 3 — медь, 4 — прокладка между катушками, 5 — изоляция от корпуса, 1—216 — коллекторные пластины цифры в кружочках — пазы сердечника якоря, У — уравнивательные соединения

ной 0,1 мм вполуперекрышу. В задних лобовых частях дополнительно между элементарными секциями устанавливают прокладки из стеклоленты. Передние лобовые части дополнительно имеют между витками секции прокладки из слюды, чтобы избежать витковых замыканий при осадке и бандажировке обмотки. Концы катушек в изгибах дополнительно изолируются одним слоем полиимидной пленки ПМА толщиной 0,04 мм

На дне паза и под клин устанавливают прокладки 2 из стеклотекстолита 0,35 мм. Обмотка якоря удерживается в пазах стеклотекстолитовыми клиньями толщиной 6 мм, в лобовых частях — стеклобандажами. В электродвигателе ЭД-118А применяют стеклобандаж, который наматывается с натяжением 1,3 кН. Стеклобандаж изготавливают из специальной стеклоленты ЛСБ-Ф размером 0,2×20 мм (стеклянные волокна расположены только в продольном направлении и склеены эпоксидным связующим). Бандажи в процессе сушки запекают, и они становятся монолитными. Преимущество стеклобандаж в том, что он не разрушается при круговом огне на коллекторе.

Под передними лобовыми частями обмотки якоря находятся уравнивательные соединения, выполненные из меди МГМ размером

1,68×5,1 мм (с изоляцией 2,23×6,87 мм). Шаг уравнильных соединений по коллектору 1 — 109,5—113, т. е. уравнильное соединение делается одно на паз.

После намотки бандажей якорь испытывают, сушат, пропитывают лаком, шлифуют коллектор и балансируют якорь на станке. Для крепления балансировочных грузов в конусе коллектора и на заднем обмоткодержателе предусмотрены специальные канавки. Готовый якорь испытывают на электрическую прочность напряжением переменного тока 2950 В в течение 1 мин.

Электродвигатель имеет четыре щеткодержателя, в каждом из которых расположены три пары разрезных щеток размером 2(12,5×40×60 мм) марки ЭГ-61 (рис. 42). Раньше устанавливались цельные щетки, но они в эксплуатации работали неудовлетворительно. Это объясняется тем, что при неровностях коллектора (даже незначительных) цельные щетки отрывались от поверхности его и в этом месте возникала дуга. Образовывался местный подгар коллектора. При разрезных щетках подскакивает одна из половинок щетки, поэтому коллектор почти не подгорает. Кроме того, разрезные щетки создают хорошую политуру коллектора и тем самым улучшают условия коммутации. Резиновые амортизаторы поглощают небольшие толчки и удары, не допуская отрыва щеток от коллектора. Резина амортизатора должна обеспечивать упругость при температурах от —40 до +120° С.

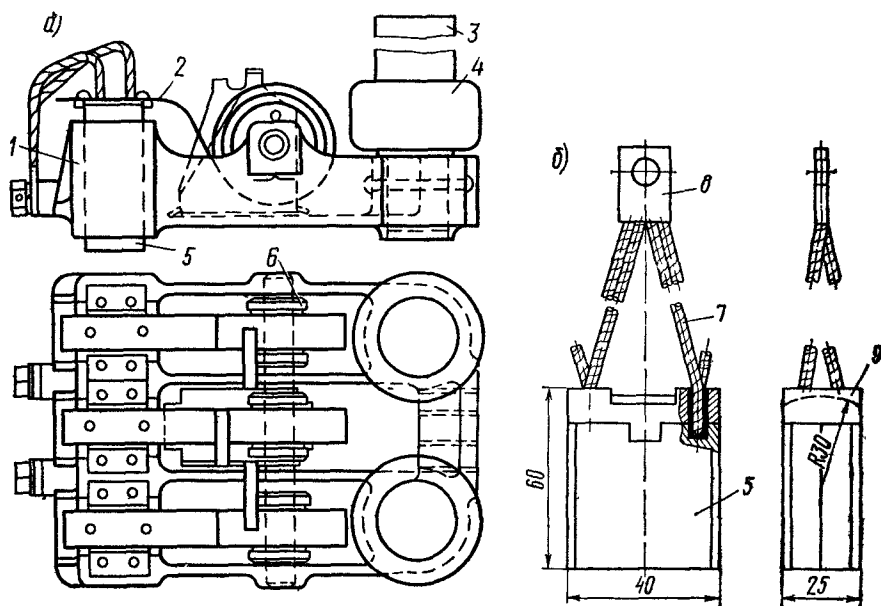


Рис. 42. Щеточный аппарат:

а — щеткодержатель; б — щетка; 1 — корпус щеткодержателя; 2 — пружина спиральная; 3 — палец щеткодержателя; 4 — изолятор; 5 — щетка; 6 — втулка; 7 — гибкий провод (шунт); 8 — наконечник; 9 — резиновый амортизатор

На электродвигателе должны быть установлены щетки одной и той же марки. Это особенно важно при петлевой обмотке, так как различие в сортах щеток может вызвать протекание больших токов по уравнительным соединениям, что приводит к выплавлению их пайки в пегушках коллектора и разрушению изоляции. Щеткодержатели электродвигателя установлены против главных полюсов, т. е. по горизонтальной и вертикальной осям.

Щеткодержатель имеет литой латунный корпус 1 (рис. 42, б). Корпус укреплен в кронштейне, вваренном в торцовую стенку остова. В корпус запрессованы два стальных пальца 3, служащих для крепления щеткодержателей в кронштейне. Пальцы изолированы от корпуса прессматериалом АГ-4С или твердым изоляционным слоем из эпоксидного компаунда, на который надеются изоляторы из прессматериала К-78-51. Такое выполнение пальцев щеткодержателей дало возможность повысить их изоляционные свойства и тем самым избежать снижения сопротивления изоляции в эксплуатации, которое наблюдалось при использовании фарфоровых изоляторов.

В корпусе щеткодержателя имеются два гнезда для щеток. В одно гнездо вставлена одна пара щеток, в другое — две пары. Щетки в гнездах должны перемещаться свободно, но не качаться. Нажатие щеток на коллектор осуществляется спиральными пружинами 2. Нажатие (4,2—4,8 Н) регулируется поворотом втулки, находящейся в центре пружины. Щетки снабжены гибкими шунтами, прикрепленными болтами к корпусу щеткодержателя. Для удобства замены и осмотра щеток на щеткодержателях установлены стойки с заплечиками, позволяющие фиксировать пружины в приподнятом состоянии.

Вентиляция электродвигателей типа ЭД-118 параллельная, независимая. Охлаждающий воздух нагнетается двумя вентиляторами — по одному на каждую тележку (вентиляторы центробежного типа ЦАГИ Д15-45). Воздух от вентилятора поступает в полость электродвигателя через вентиляционное отверстие (см. рис. 37), расположенное в верхней части остова над коллектором, и дальше движется двумя параллельными потоками подобно тому, как это описано для тягового генератора. Нагретый воздух выбрасывается через отверстия в остова, защищенные сетками и щитками. Щиток у нижнего отверстия направляет поток нагретого воздуха параллельно рельсовому пути.

Вентилятор охлаждения тяговых двигателей передней тележки приводится во вращение от вала тягового генератора через передний распределительный редуктор и гидромufту, а вентилятор задней тележки — от вала дизеля через пластинчатую мufту, задний распределительный редуктор и гидромufту, смонтированную в корпусе заднего редуктора.

В связи с ростом секционной мощности тепловозов резко возросла потребность в воздухе, охлаждающем электрические машины и аппараты. Наряду с увеличением количества потребляемого воздуха повысились требования к качеству его очистки. Это, есте-

ственно, увеличило массу и габариты вентиляторов и фильтрующих устройств, усложнило компоновку узлов тепловоза. Поэтому на мощных тепловозах используют систему централизованного воздухообеспечения от одного вентилятора.

Вентиляторы центробежного типа ЦАГИ Д15-45 имеют 2050 об/мин при частоте вращения вала дизеля 850 об/мин. При этом мощность, потребляемая вентилятором, равна 22 кВт, а подача 250 м³/мин. Воздух засасывается в центральное отверстие и нагнетается лопастями колеса вентилятора в улитку корпуса и далее в каналы, подводящие воздух к электродвигателям.

Всасывающие каналы вентиляторов, расположенные в стенке кузова, снабжены съемными сетчатыми фильтрами и щитками. Щитки устанавливаются при песчаных и снежных буранах, когда воздух в вентилятор забирают из кузова тепловоза. Вентиляционные отверстия электродвигателей соединены с воздушными каналами в раме тепловоза гофрированными брезентовыми рукавами. В эксплуатации нужно следить за плотностью этих соединений, чтобы в электродвигатель поступало достаточное количество воздуха и он не перегревался. Расчетный расход воздуха, проходящего через электродвигатель, равен 43 м³/мин (при статическом давлении 1,6 кПа). На электродвигателях внутренняя и наружная крышки подшипников крепятся к щиту отдельно, что дает возможность снять наружную крышку и подшипниковый щит, не нарушая крепления внутренней крышки.

На тепловозных тяговых электродвигателях с опорно-осевой подвеской применяются подшипники скольжения, имеющие бронзовые вкладыши с фитильным смазочным устройством. Эта конструкция имеет повышенный расход смазки и цветного металла. Ведутся работы по устранению недостатков подшипников скольжения и созданию подшипников качения.

Смазку (ЖРО ТУ32 ЦТ 520—73) для роликовых подшипников тяговых электродвигателей запрессовывают шприц-прессом через масленку. В моторно-осевые подшипники заливают масло осевое ГОСТ 610—72 летом марки Л, зимой — З, в север-

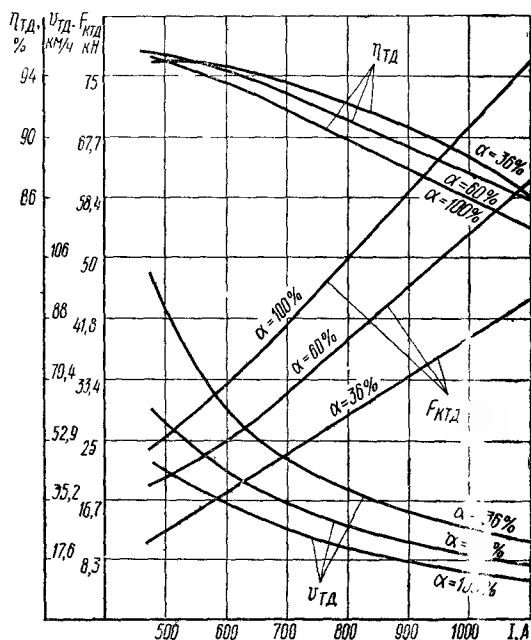


Рис. 43. Электромеханические характеристики тягового электродвигателя типа ЭД-118А

ных районах — марки С. Смазку меняют соответственно сезону. В тяговом редукторе (зубчатой передаче) применяется смазка осерненная марки СТП ТУ38 УССР-2-011-30-72 летняя Л или зимняя З. В эксплуатации следует поддерживать уровень смазки по маслоуказателю.

Электромеханические характеристики (основные) электродвигателя (рис. 43) построены для различных напряжений на зажимах электродвигателя при работе локомотива на 15-й позиции контроллера машиниста. По горизонтали отложен ток, а по вертикали — в соответствующих масштабах скорость, к. п. д. и сила тяги. Все зависимости построены для трех режимов работы — полного возбуждения электродвигателя ($\alpha=100\%$) и двух ступеней ($\alpha=60\%$ и $\alpha=36\%$) ослабления возбуждения.

Необходимо помнить, что автоматический переход с полного на ослабленное возбуждение происходит при скорости движения 38—40 км/ч, а включение второй ступени ослабления возбуждения — при скорости 55—60 км/ч. Поэтому при скорости меньше 38 км/ч следует пользоваться кривыми полного возбуждения.

Например, если необходимо определить скорость движения, силу тяги и к. п. д. электродвигателя при $I_{\text{дв}}=900$ А, то рассуждают следующим образом. Току 900 А по кривой полного возбуждения соответствует скорость 17 км/ч. При этой скорости тепловоз работает на полном возбуждении электродвигателей. Следовательно, значения силы тяги $F_{\text{к.дв}}$ и к.п.д. нужно находить по кривым, построенным для $\alpha=100\%$. Нагрузке 900 А соответствует сила тяги $F_{\text{к.дв}}=58,8$ кН и к.п.д. $\eta=0,88$. Тяговый электродвигатель ЭД-118 разработан на основе усовершенствования конструкции двигателя ЭД-107. У электродвигателя ЭД-118 повышена жесткость вала за счет увеличения его диаметра на 10 и 15 мм соответственно в местах посадки роликовых подшипников и в местах напрессовки сердечника якоря, обмоткодержателей и коллектора. У заднего обмоткодержателя усилены ступица и ребра жесткости. Сердечник якоря в собранном виде пропитывается в электроизоляционном грунте, с тем чтобы избежать коррозии. Изоляция катушек обмотки якоря главных и добавочных полюсов класса F вместо класса B.

Для предотвращения обрыва секций якорной обмотки места закладки их в петишки коллекторных пластин заполняют изоляционной замазкой. Улучшен технологический процесс намотки бандажной ленты на задние лобовые части обмотки якоря и введено покрытие пропитанного якоря влагостойкой эмалью с последующей запечкой. Эмалевая пленка предохраняет изоляцию от проникновения влаги через поры и микротрещины в поверхностном слое пропиточного лака. Повышена плотность соединений деталей коллектора с тем, чтобы влага не могла проникнуть во внутреннюю коллекторную полость. Применено более совершенное крепление балансировочных грузов.

Остов электродвигателя также имеет некоторые отличия: увеличено число отверстий для крепления подшипниковых щитов, на торцевой части добавлены две бонки для крепления кожуха зубчатой

передачи. Чтобы улучшить коммутацию, увеличена толщина магнитопроводной части остова, откорректирован зазор под добавочными полюсами.

Тяговые электродвигатели переменного тока. Асинхронные короткозамкнутые электродвигатели обладают высокой надежностью в эксплуатации, низкой стоимостью изготовления и ремонта, меньшими габаритами и массой по сравнению с электродвигателями постоянного тока, не требуют особого ухода, кроме наблюдения за подшипниками, и имеют удовлетворительные тяговые свойства. При повышении частоты вращения ротора выше синхронной (частоты вращения магнитного поля) автоматически происходит переход в генераторный режим без каких-либо переключений, что упрощает электрическую схему при использовании электрического торможения. Использование таких двигателей на подвижном составе затруднено потому, что:

1. Пусковая характеристика при постоянной частоте тока не обеспечивает высоких ускорений, так как момент при трогании относительно мал и увеличивается с ростом скорости до максимального значения.

2. Управление частотой вращения электродвигателя очень сложно. Необходимо изменение числа пар полюсов либо раздельное регулирование частоты питающего напряжения и его значения.

3. Воздушный зазор между статором и ротором очень мал, а его увеличение повышает массу и размеры двигателя.

4. Пуск электродвигателей с короткозамкнутым ротором связан с большими потерями и нагреванием обмоток.

Успехи силовой полупроводниковой техники и средств автоматики делают возможным создание надежных и экономичных статических преобразователей частоты с приемлемыми для тепловозов габаритами и массой. Этим обуславливается практическое использование в тепловозной тяге передачи переменного тока с асинхронными короткозамкнутыми электродвигателями.

Для тепловозов с дизелями мощностью более 2940 кВт в секции использование тяговых электродвигателей постоянного тока вызывает усложнение их конструкции (шихтованный или сварной остов, компенсационные обмотки и др.). В 1976 г. харьковский завод «Электротяжмаш» им. Ленина, воронежский завод «Тепловозостроительный завод им. Октябрьской революции» и таллинский электромеханический завод им. Калинина создали опытный тепловоз ТЭ120 мощностью 2940 кВт с передачей переменного тока, на котором применены асинхронные короткозамкнутые тяговые электродвигатели типа ЭД-900. Основные параметры электродвигателя ЭД-900:

Мощность	380 кВт
Напряжение	720/960 В
Ток	413/290 А
Частота вращения при постоянной мощности	490/2460 об/мин

Коэффициент полезного действия	91/93,5%
Коэффициент мощности ($\cos \varphi$)	0,81/0,85
Расход охлаждающего воздуха	1,25 м³/с
Напор	260 мм вод. ст.
Момент на валу при продолжительном режиме	7355 Н·м
Соединение фаз	Звезда
Масса	2300 кг

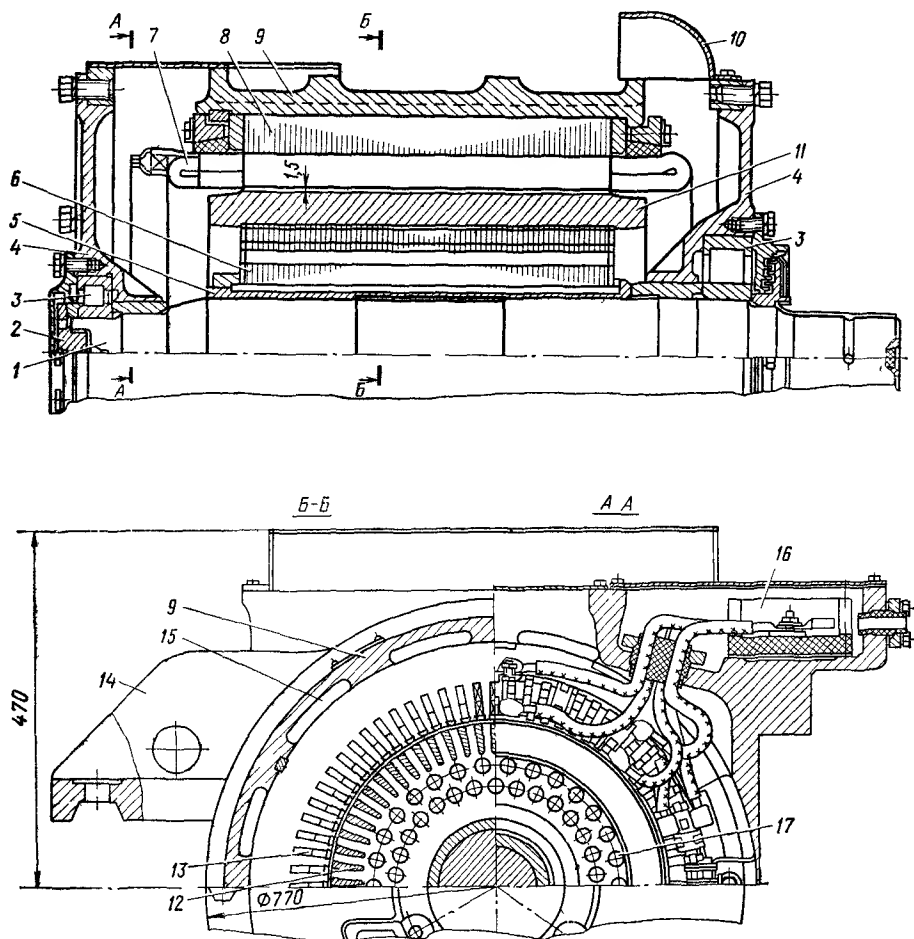


Рис. 44. Асинхронный тяговый электродвигатель ЭД-900 (продольный и поперечный разрезы):

1 — вал; 2 — шайба; 3 — роликовые подшипники; 4 — подшипниковые щиты; 5 — втулка; 6 — сердечник ротора; 7 — обмотка статора; 8 — сердечник статора; 9 — осто́в; 10 — кожух защитный; 11 — короткозамкнутая обмотка ротора; 12 — паз сердечника ротора; 13 — паз сердечника статора; 14 — прилив; 15 — вентиляционный канал; 16 — коробка зажимов; 17 — вентиляционные отверстия в сердечнике ротора

В тяговых машинах переменного тока магнитопровод, выполняемый из листов электротехнической стали, не может служить одновременно остовом машины из-за недостаточной устойчивости его формы, поэтому его закрепляют в корпусе статора (остова). Толщина стенок остова определяется условиями прочности и сопряжения с другими узлами машины: подшипниковыми щитами, деталями подвода воздуха и др.

Продольные и радиальные внутренние стенки и ребра образуют каналы, определяемые вентиляционной схемой машины. У круглого литого остова электродвигателя ЭД-900 (рис. 44) внутренние осевые ребра жесткости образуют каналы для прохода охлаждающего статор воздуха. Для входа и выхода воздуха остов имеет два люка. Выходной люк снабжен защитным кожухом, предохраняющим от попадания внутрь двигателя воды при обмывке тележек.

Независимая вентиляция осуществляется продувкой воздуха двумя параллельными потоками. Один поток воздуха проходит через вентиляционные каналы между стальным пакетом статора и остовом, а другой — через два ряда круглых вентиляционных отверстий ротора. Воздушный зазор между статором и ротором равен 1,5 мм. На специальные призмы набирается из отдельных листов электротехнической стали сердечник статора. В пазы сердечника статора укладывается обмотка, которая закрепляется в них изоляционными клиньями. После укладки обмотки статор пропитывают, сушат и закрепляют его лобовые части. Обмотанный статор обтачивают по призмам и запрессовывают в остов. Изоляция от корпуса обмотки статора выполнена из полиимидной пленки.

На вал электродвигателя напрессована втулка, на которую напрессован сердечник ротора, набранный из листов электротехнической стали. Сердечник фиксируется шпонкой. Пазы ротора, имеющие овальную полузакрытую форму, заливают алюминием. Конструкция вала, подшипниковых узлов подобна указанным узлам тяговых электродвигателей постоянного тока.

8. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Маслопрокачивающий и топливоподкачивающий насосы теплового, вентиляторы кабины машиниста и калорифера приводятся в действие от электродвигателей небольшой мощности, выполненных на базе машин общепромышленного назначения. Основные технические данные этих электродвигателей сведены в табл. 6.

Электродвигатели рассчитаны на работу при напряжении 75 В. Они являются самовентилирующимися машинами постоянного тока защищенного исполнения.

У электродвигателей серии П установлены помехоподавляющие фильтры, состоящие из конденсаторов, расположенных под зажимной доской. В электродвигателях П-11, П-21 и П-22 применена изоляция класса А, а в П-41 — класса В.

Электродвигатели П-21 (или ПН-5). Электродвигатель П-21 имеет смешанное (компаундное) возбуждение и ток 9,3 А. Воздушный

Таблица 6

Тип электро- двигателя	Назначение	Применяется на тепловозе	Мощность, кВт	Ток номиналь- ный, А	Частота вра- щения, об/мин
П-41	Привод маслопрокачивающего насоса	ТЭ3, ТЭ10, 2ТЭ10В, ТЭП60	4,2	84	2200
П-21	Привод топливopодкачивающего насоса	ТЭ3, ТЭ10, 2ТЭ10Л, ТЭП60, 2ТЭ10В, ТЭМ1, ТЭМ2, 2М62	0,5	9,0	1350
МВ-75	Привод калорифера вентиляторов кабины машиниста	ТЭ1, ТЭ2, ТЭ3, ТЭМ2, 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В, ТЭ10, ТЭП60, ТЭМ1, 2М62	0,04	1,25	1500
П-11	Привод вентилятора кузova	ТЭ3, 2ТЭ10В, 2ТЭ10Л, 2М62	0,2	4,2	1740

зазор под главными полюсами 0,8—0,88 мм, под добавочными 1,2 мм. Устройство электродвигателя показано на рис. 45, а. На круглой станине электродвигателя укреплены сердечники полюсов и подшипниковые щиты, в которых установлены шарикоподшипники. Электродвигатель представляет собой двухполюсную машину. Сравнительно легкие условия коммутации позволяют применить только один добавочный полюс. Сердечники якоря и полюсов набраны из листов электротехнической стали.

Катушка главного полюса состоит из параллельной обмотки, имеющей 1800 витков из медного провода марки ПЭТВ диаметром 0,41 мм, и последовательной обмотки, имеющей 18 витков из провода ПСД диаметром 1,95 мм. Катушка добавочного полюса имеет 142 витка из провода марки ПС диаметром 1,68 мм.

Якорь установлен в двух шарикоподшипниках: со стороны коллектора — опорно-упорный подшипник, ограничивающий осевое перемещение вала; со стороны вентиляторного колеса — опорный подшипник. Сердечник якоря набран из листов электротехнической стали; крайние листы толще остальных. Сердечник якоря укреплен на валу шпонкой и двумя упорными кольцами. Для уменьшения вихревых токов пазы сердечника якоря выполнены косыми. В 18 пазах сердечника уложена якорная обмотка из медного провода марки ПТТВ диаметром 0,93 мм. В каждом пазу 44 проводника, которые удерживаются деревянными клиньями. Обмотка петлевая, выпная, имеет две параллельные ветви.

Коллектор набран из 72 медных пластин. Корпус коллектора изготовлен из асбестозольной массы. По конструкции все электродвигатели серии П аналогичны и выполнены в защищенном исполнении с самовентиляцией.

Электродвигатель МВ-75. Конструктивно двигатель с последовательным возбуждением (см. рис. 45, а) выполнен закрытым, без вентилятора. К станине электродвигателя прикреплены четыре

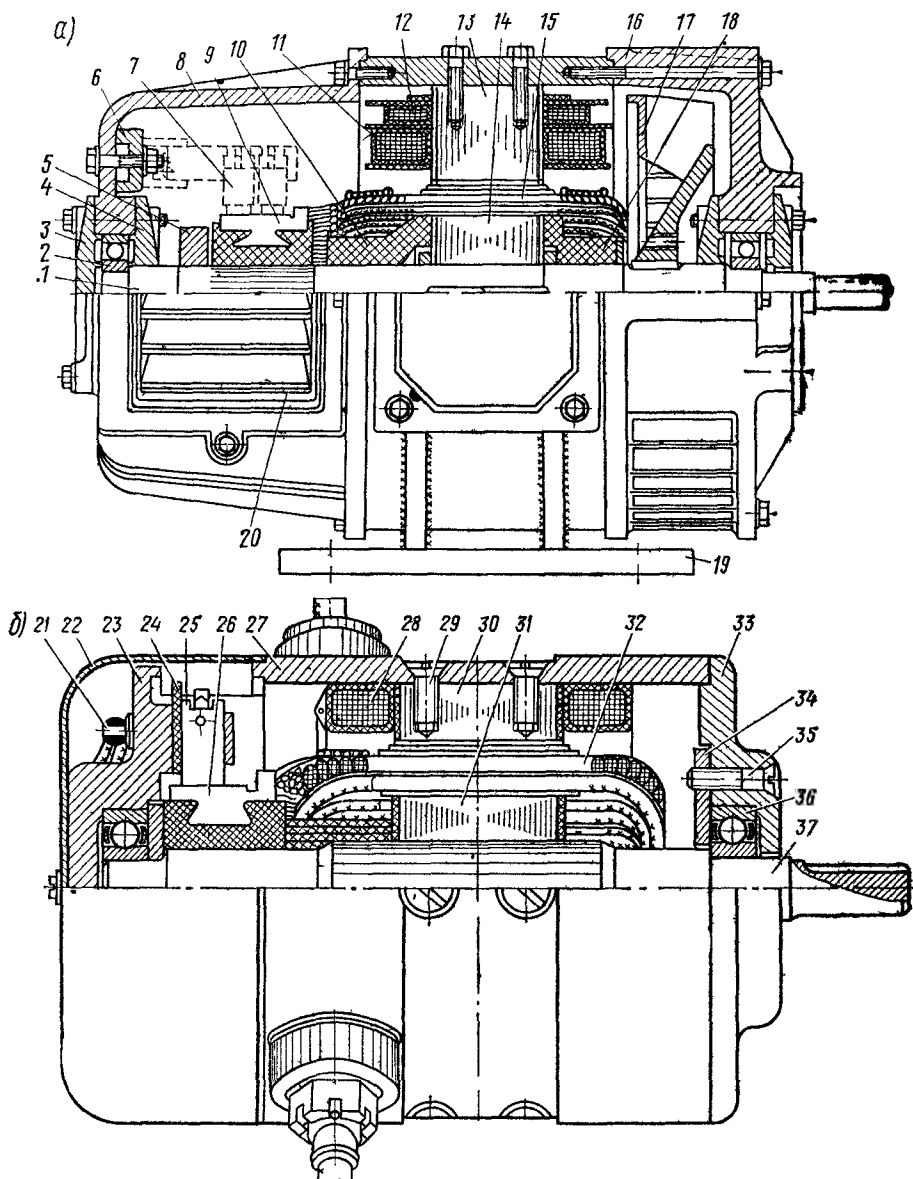


Рис 45 Вспомогательные электродвигатели:

а — типа П-21, *б* — МВ 75, 1 — вал якоря, 2 — подшипник 3 — шарикоподшипниковый фланец 4 — лабиринт, 5 — балансирующее кольцо, 6 — траверса щеткодержателя, 7 — щеткодержатель, 8, 16 — подшипниковые щиты, 9 — коллектор 10, 18 — обмоткодержатели 11 12 — параллельная и последовательная катушки главного полюса 13, 14 — сердечники главного полюса и якоря 15, 32 — обмотки якоря 17 — вентиляционное колесо 19 — лапы; 20 — жалюзи, 21 — заклепки, 22 — крышка 23 — траверса, 24 — изолятор 25 — щетка; 26 — коллектор, 27 — корпус; 28 — катушка полюса 29 — винт крепления полюса, 30 — сердечник полюса 31 — сердечник якоря, 33 — подшипниковый щит, 34 — подшипниковый фланец; 35 — винт, 36 — шарикоподшипник, 37 — вал якоря

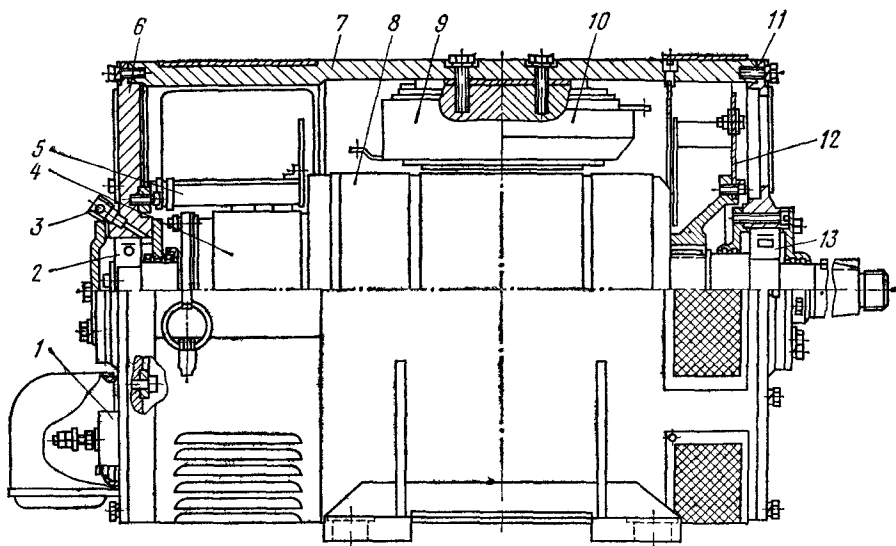


Рис. 46 Стартер генератор СТГ-7:

1 — вал, 2, 13 — подшипники, 3 — масленка; 4 — коллектор, 5 — щеткодержатель, 6, 11 — подшипниковые щиты, 7 — станина, 8 — якорь; 9 — добавочный полюс, 10 — главный полюс; 12 — вентилятор

главных полюса; добавочных полюсов двигатель не имеет. Катушка 28 полюса изготовлена из провода марки ПЭЛШО диаметром 0,51 мм. Число витков катушки 188. Намотка катушек одинакова, поэтому полярность их достигается соединением конца первой катушки с концом второй, начала второй с началом третьей и т. д.

Сердечник 31 якоря имеет 25 пазов ползакрытого типа, в каждом из которых уложено 56 медных проводов. Обмотка якоря волновая секционная. Шаг обмотки по пазам 1—7. Коллектор имеет 25 коллекторных пластин. У вспомогательных машин между коллекторными пластинами поставлена изоляция, твердость которой ниже твердости меди, поэтому во время эксплуатации не приходится продоруживать коллектор.

Стартер-генератор СТГ-7. Стартер-генератор предназначен для пуска дизель-генераторной установки (с синхронными тяговыми генераторами) и питания вспомогательных нагрузок постоянным током. Стартер-генератор является четырехполюсной машиной постоянного тока с самовентиляцией (рис. 46), предназначенной для работы в двух режимах: стартерном — в качестве электродвигателя с последовательным возбуждением; генераторном — в качестве вспомогательного генератора независимого возбуждения.

Мощность в обоих режимах 50 кВт, напряжение в генераторном режиме 110 В, ток проворота коленчатого вала дизеля при $n=330$ об/мин, $U=61$ В — 800 А, класс изоляции F. Вал стартер-генератора через упругую муфту связан с распределительным ре-

дуктором дизеля. Якорь установлен на двух подшипниках: со стороны коллектора — шариковый 76313, со стороны привода — роликовый 7032315.

9. НЕИСПРАВНОСТИ И РЕМОНТ

Неисправности. В период эксплуатации электрических машин тепловозов могут возникнуть следующие неисправности.

Понижение сопротивления изоляции обмоток, обычно возникающее при попадании в электрическую машину грязи, масла, влаги. Для устранения неисправности машину очищают и сушат.

Пробой изоляции обмоток на корпус являются чаще всего следствием значительного понижения сопротивления изоляции. Они могут также возникнуть при механических повреждениях изоляции или при выгорании изоляции от образовавшейся внутри машины дуги (перекрытия, перебросы). Для устранения неисправности требуется ремонт (замена) вышедшей из строя катушки (обмотки).

Перекрытие по коллектору может быть различной интенсивности вплоть до кругового огня. Перекрытие часто сопровождается перебросом дуги на корпус и выгоранием деталей машины, попавших в область горения дуги. Возникает обычно при загрязнении и замасливании коллектора, скоплении угольной пыли в межламельных канавках, при механических повреждениях или неравномерной выработке коллектора. Меры, необходимые для устранения последствий перекрытия, зависят от его интенсивности. В некоторых случаях достаточно очистить и промыть коллектор и щеточный аппарат, сменить вышедшие из строя щетки и продуть коллекторную камеру сухим сжатым воздухом; в других — требуется ремонт и замена вышедших из строя деталей или узлов.

Нарушение коммутации может возникнуть по причинам электрического и механического характера. К первым относится сдвиг щеток с нейтрали, нарушение цепи обмотки добавочных полюсов, в частности ослабление межкатушечных соединений, работа при неисправных (сколотых или сильно изношенных) щетках и др. В эксплуатации износ щеток допускается примерно наполовину. Причины механического характера сводятся обычно к нарушению в процессе эксплуатации правильной формы коллектора (местные биения, эллиптичность, эксцентричность), а также к его повреждениям при попадании посторонних предметов. Меры устранения плохой коммутации зависят от причины ее возникновения. При нарушении формы или повреждении коллектора требуется его проточка.

Межвитковые замыкания в обмотках возникают при нарушении целостности изоляции. Необходимо заменить обмотки (катушки). Размотка бандажей (обычно на тяговых электродвигателях) часто связана с превышением максимально допустимой частоты вращения при боксовании. Устраняется при ремонте якоря.

Распайка петушков коллектора возникает во время чрезмерного перегрева машины (нарушение вентиляции, длительные пере-

грузки) или как следствие перекрытия. Повреждение можно устранить только при ремонте якоря.

Выход из строя роликоподшипников чаще всего происходит из-за провертывания внутреннего кольца (недостаточный натяг), несвоевременной смазки или образования в кольце трещины при увеличенном натяге. Иногда разрушаются сепараторы или сминаются ролики от попавших частиц металла. Перегрев моторно-осевых подшипников тяговых электродвигателей возникает при недостаточном количестве смазки, при значительном перекосе колесной пары, при больших зазорах «на масло» и т. д.

Виды ремонта машин. Во время эксплуатации тепловозов предотвращение неисправностей и их устранение обеспечиваются системой планово-предупредительного технического обслуживания и ремонта¹.

Техническое обслуживание ТО-1 выполняется локомотивной бригадой при приемке и сдаче тепловоза. Сдающий машинист информирует принимающего о состоянии основных узлов, о неисправностях, встретившихся в пути следования, о выполненном ремонте. Принимающая бригада обязана осмотреть узлы тепловоза, от которых зависит безопасность движения.

Техническое обслуживание ТО-2 производится слесарями, устраняющими неисправности, которые были замечены в пути следования и записаны машинистом в книгу технического состояния тепловоза, при этом выполняются следующие работы. При работающем дизеле продувают тяговый генератор сухим сжатым воздухом давлением 20—30 Н в защитных очках и респираторе. Наконечник шланга рекомендуется держать на расстоянии не менее 150 мм от обдуваемой поверхности. Проверяют работу генератора, двухмашинного агрегата, электродвигателей, маслопрокачивающего и топливоподкачивающего насосов, вентиляторов калорифера и кузова. При обнаружении посторонних шумов, стуков, скрежета подшипник или машину заменяют или передают тепловоз на ремонтное стойло депо.

Дизель останавливают, снимают крышки коллекторных люков электрических машин и осматривают коллекторы, щеткодержатели, щетки. Изношенные щетки заменяют, коллекторы при необходимости протирают салфеткой, смоченной в бензине. Обнаруженные на торцах пластин брызги металла от переброса огня, если они не замыкают пластины коллектора или не выходят на дорожку под щетки, могут быть оставлены до ближайшего технического обслуживания ТО-3. Брызги металла, замыкающие пластины или выходящие на дорожку под щетками, зачищают ручным оселком с последующим продоразживанием (углублением миканита).

Большое внимание уделяют креплению щеткодержателей, шунтов щеток, так как выпадение болта, крепящего шунт щетки к щет-

¹ Система обслуживания и ремонта тепловозов приведена в гл. III учебника «Механическое оборудование тепловозов». По й д я А. А. и др. М.; Транспорт, 1978. 415 с.

кодержателю, или опускание щеткодержателя на коллектор вследствие ослабления болтов приводит к разрушению коллектора.

Устанавливаемые новые щетки должны быть притерты по коллектору. Для этого используют шлифовальное полотно зернистостью 12. Его подкладывают под щетки шероховатой стороной к щетке и протягивают несколько раз полотно под замененной щеткой (рис. 47). После притирки щеток коллектор продувают и ставят поднятые ранее соседние щетки на место. При наличии на изоляторах копоти или пыли их протирают салфеткой.

Техническое обслуживание ТО-3 и текущие ремонты ТР-1, ТР-2 выполняются в депо слесарями комплексных и специализированных бригад. При техническом обслуживании ТО-3 все машины обдувают воздухом при открытых люках. Изоляторы, бандаж на переднем миканитовом конусе коллектора протирают салфеткой, смоченной в бензине. Следы перебросов, закопченности зачищают стеклянным полотном, протирают салфеткой и покрывают дугостойкой эмалью НЦ-929 или ГФ-92ХК не менее двух раз до получения глянцевої поверхности. В случае прожогов, сдвига витков, ослабления или поперечных трещин ленточный бандаж заменяется. Болты крепления щеткодержателей, шунтов щеток проверяют и подтягивают ключом.

При обнаружении на коллекторах тяговых электродвигателей подгаров, шероховатостей их шлифуют без снятия с колесной пары на смотровых канавах, для чего колесно-моторный блок вывешивают. У электродвигателя вместо одного из щеткодержателей устанавливают приспособление со шлифовальным бруском или со стеклянным полотном и подключают его к деповскому генератору. Якорь вращается, и без участия человека коллектор шлифуется.

Иногда при шлифовании коллектора электродвигатель питают от тягового генератора. В этом случае электродвигатель (или группу) из схемы отключают, а тепловоз передвигают по деповским путям на оставшихся двигателях. При шлифовании коллектора под тепловозом работу должны выполнять квалифицированные слесари под руководством мастера с соблюдением требований технической безопасности. После шлифования коллектор очищают жесткой волосистой щеткой и продувают. Коллектор, имеющий дефектные поверхности, требующие проточки (продольные риски с плавными краями, забоины в середине пластины без выступающих краев), может быть оставлен без исправления при условии, что щетки исправны и имеют достаточную высоту для работы до ближайшего технического обслуживания ТО-3. При техническом обслуживании ТО-3 в зимнее время часто сушат тяговые электродвигатели под тепловозом и устанавливают устройства защиты от попадания снега, а с наступлением весны их снимают.

Рис. 47 Притирка щеток
1 — коллектор, 2 — щетка, 3 — шлифовальное полотно



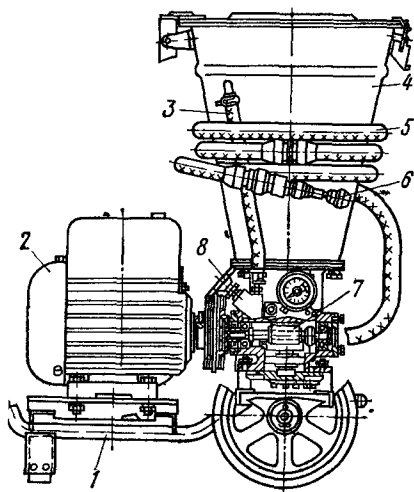


Рис. 48. Агрегат заправочный:

1 — рама; 2 — электродвигатель; 3, 5 — рукава заправочный и нагнетательный; 4 — бак конусный; 6 — наконечник; 7 — редуктор, 8 — вентиль

При текущем ремонте ТР-1 (в дополнение к работам, выполняемым при техническом обслуживании ТО-2, ТО-3) добавляют смазку в роликовые подшипники и другие узлы трения при помощи заправочных агрегатов с дозирующим устройством или винтового пресса. Агрегаты выдают смазку до 250 г с возможностью дозирования через каждые 25 г. Агрегат состоит из электродвигателя 2 (рис. 48), от вала которого вращения через редуктор 7 передается на шнек и нож, помещенные в конусный бак 4 для смазки. При вращении лопасти шнека смазку направляют к дозатору, от которого через наконечник, нагнетательный рукав 5 смазка поступает в подшипниковый узел машины. Манометр служит для контроля давления смазки, а рукав 3 — для заправки. Электродвигатель подключают через кнопочный пускатель к сети напряжением 220/380 В. Частота вращения якоря электродвигателя 3000 об/мин, а шнека 150 об/мин. Вместимость бака рассчитана на 20 л. Давление нагнетания смазки 4 МПа.

Роликовые подшипники тяговых электродвигателей прослушивают при помощи стетофонендоскопа при вывешенном колесно-моторном блоке. Для поднятия колесных пар под буксы устанавливают гидравлические домкраты грузоподъемностью не менее 13 т и электродвигатель подключают к деповскому генератору. Провода от генератора подсоединяют к зажимам реверсора и к контактам поездного контактора (для тепловозов типа ТЭ10). Напряжение генератора поддерживается в пределах 75—100 В. Прикладывая ножку стетофонендоскопа к подшипниковому щиту или к торцу остова, а наконечник к уху, отчетливо можно слышать скрежет, стук и т. д.

Электродвигатель с ненормальным шумом выкачивают из-под тепловоза для разборки и замены подшипника.

Для сокращения времени на вывешивание колесных пар в передовых депо применяют домкраты, постоянно установленные в углублении пола цеха под каждую буксу секции тепловоза. Домкраты приводятся в действие от одного насоса, снабженного электроприводом. Колесно-моторные блоки вывешивают не только для прослушивания подшипников, но и для шлифования коллектора, продоразживания, зачистки в труднодоступных местах, осмотра шестерни и т. д.

При ТР-1 проверяют распределение воздуха по тяговым электродвигателям путем измерения статического напора внутри остова при помощи дифференциального манометра при максимальной частоте вращения коленчатого вала дизеля. Для этого свободный конец резиновой трубки дифманометра вставляют в отверстие крышки нижнего люка электродвигателя — уровень жидкости дифманометра покажет статический напор воздуха. Для электродвигателей ДК-304Б, устанавливаемых на тепловозах ТЭ1, напор равен 0,33 кПа, на тепловозах ТЭ2 — 0,6, для электродвигателей ЭДТ-200Б на тепловозах ТЭ3 — 0,51, для электродвигателей ЭД-107А, ЭД-118 на тепловозах типов ТЭ10, 2ТЭ11Б — 1,6 кПа. Если статическое давление меньше нормы у группы двигателей (тележки), проверяют целостность брезентовых рукавов, плотность пригонки их к остову, частоту вращения вентиляторов охлаждения, правильность сборки вентиляторов. Разница давления между электродвигателями одной тележки указывает на нарушения подвода воздуха у электродвигателя. Получение большего значения давления указывает на то, что часть выпускных отверстий закрыта или сильно загрязнены вентиляционные каналы якоря.

На плановых текущих ремонтах ТР-2 (или через один текущий ремонт ТР-1) снимают с тепловоза для очистки электродвигатели топливоподкачивающего и маслопрокачивающего насосов, калорифера, вентилятора кузова, однокорпусного агрегата, синхронного подвозбудителя, преобразователя радиостанции и других машин, установленных в кузове. Проводят ревизию подбивки моторно-осевых подшипников, шестерен редуктора, замену смазки и т. д., а также могут выполняться работы по сушке тяговых электродвигателей и генераторов без снятия их с тепловоза, шлифование коллекторов, замена колесно-моторного блока и др.

Сушка электрических машин. В эксплуатации тяговые машины повреждаются из-за увлажнения изоляции, которое происходит из-за попадания снега внутрь машины при метелях или отпотевания. При вводе тепловоза с охлажденными до минус 15°С машинами в депо, где температура плюс 15°С, на их обмотках выделится около 2 кг влаги. Чтобы этого не происходило, постановка тепловоза в отапливаемый цех должна осуществляться при температуре электрических машин, превышающих температуру цеха на 4—6°С. Поэтому следует тепловоз ставить в цех для ремонта сразу же после поездки или подогревать машины током от собственного тягового генератора или от калориферной установки. При сушке машина или ее части должны нагреваться до температуры не менее 80°С и интенсивно продуваться.

Заканчивают сушку, когда сопротивление изоляции достигло сравнительно высокого значения и перестает изменяться. Для машин с незначительным увлажнением процесс сушки может продолжаться несколько часов; для крупных машин (тяговые генераторы) с сильно увлажненной изоляцией процесс сушки может продолжаться сутками. При сушке машин необходимо медленно поднимать температуру не более чем на 10°С в течение 1 ч. Чем крупнее

машина, тем медленнее должен быть подъем температуры. При слишком быстром подъеме температуры изоляцию обмоток можно повредить. Замер сопротивления изоляции производят мегаомметром на 500 В. Увлажненную изоляцию можно легко «пробить», поэтому пользоваться мегаомметром на 1000 В нельзя.

При подогреве электродвигателей энергией собственного тягового генератора тепловоз должен перемещаться со скоростью не выше 3 км/ч в заторможенном состоянии при давлении воздуха в тормозных цилиндрах до 150 Па и токе генератора 2000—2400 А для тепловозов типа ТЭ10 и при токе 900—1200 А для тепловозов ТЭЗ (из расчета 300—400 А на каждый электродвигатель).

Время, в течение которого можно получить необходимый подогрев электрических машин, может достигать 40—60 мин при температуре наружного воздуха минус 20°С. Если предполагается простой тепловоза в депо для выполнения внепланового ремонта более 1,5 ч, то тяговые электродвигатели должны быть прогреты. При простое тепловоза менее 1,5 ч электродвигатели допускается не подогревать, но открывать смотровые люки их запрещается.

Калориферный прогрев и сушка тяговых электродвигателей производится во всех случаях поступления тепловоза в депо, если температура обмоток двигателей ниже температуры цеха. Для этого используются типовые установки с электрическим или паровым калорифером, обеспечивающие температуру воздуха 90—100°С и расход его через каждый двигатель 10—15 м³/мин.

Шлифование и обточка коллектора тягового генератора на тепловозе. В случае необходимости допускается обточка и шлифование коллектора непосредственно на тепловозе. Для этого используют переносный суппорт (рис. 49), который устанавливается на ребро подшипникового щита плитой 2 и крепится к нему двумя болтами 3 (вместо левого среднего brackets со стороны привода). На поперечной каретке 11 устанавливаются два абразивных бруска Р-16 или Р-17Б, закрепляемые винтом 10 и прихватом 8. Продольная подача (вдоль коллекторных пластин) осуществляется по направляющей 5 суппорта

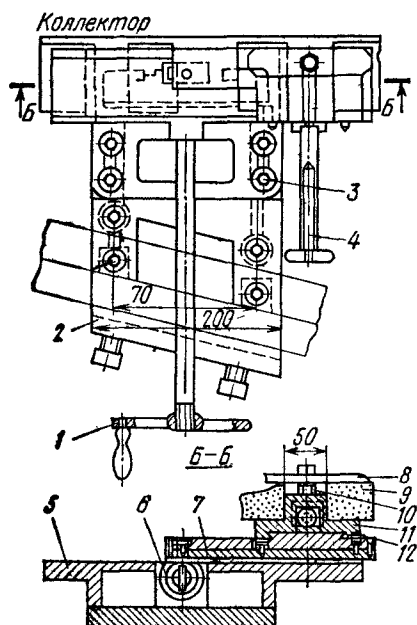


Рис. 49. Суппорт для шлифования коллектора:

1 — рукоятка; 2 — установочная плита; 3 — болты регулировки параллельности суппорта; 4 — винт подачи поперечной каретки; 5 — направляющая продольной подачи; 6 — шестерня; 7 — рейка; 8 — прихват; 9 — брусок; 10 — винт крепления брусков; 11 — поперечная каретка; 12 — регулировочный винт

при помощи рукоятки 1 через шестерню 6 и рейку 7. Поперечная подача каретки производится винтом 4.

Четыре верхних brackets используют для пуска дизеля, а щетки на нижних brackets поднимают. Чтобы угольная и медная пыль не оседала между гибкими петушками коллектора, их заклеивают сегментами, вырезанными из телефонной бумаги. После пуска дизеля щетки на четырех верхних brackets поднимают и коллектор шлифуют до получения необходимой чистоты его поверхности.

После шлифования генератор продувают, снимают фаски на коллекторных пластинах, при этом якорь поворачивается вручную при помощи червячной пары на муфте привода генератора. Повторно продувают генератор, снимают наклеенные сегменты на торцах петушков, а места наклейки зачищают и промывают бензином Б70.

Снятые щетки устанавливают на место и восстанавливают схему соединения щита со щеткодержателями.

Для получения на рабочей поверхности коллектора политуры генератор ГП-311Б подключают к жидкостному реостату, устанавливают нагрузку 2200 А, и он работает в таком режиме в течение 7 ч, после чего его вновь продувают. Шлифование рекомендуется производить при частоте вращения якоря 400 об/мин (1-я позиция контроллера). Если по состоянию рабочей поверхности требуется его проточка, вместо брусков устанавливают резец.

При текущем ремонте ТР-3 тяговых электродвигателей во многих депо используется поточный метод ремонта, который внес значительные изменения в технологический процесс, потребовал разработки новых приспособлений и устройств. Например, используются новые продувочные камеры, установленные на рабочей позиции. Мощная струя воздуха через сопла очищает от пыли внутреннюю поверхность остова. С торцов остова закрывают заслонками, через одну из которых отсасывается загрязненный воздух. Использование индукционного нагревателя при монтаже подшипниковых щитов и подшипников резко сократило время для выполнения этих работ.

Поточная линия по ремонту подшипников тяговых электродвигателей (вместе с подшипниками колесных пар) с автоматическим перемещением от места разборки через моечную машину к местам ремонта повысила производительность труда, культуру производства и качество ремонта. Применение горизонтального способа разборки и сборки электродвигателей уменьшило количество кантовок (поворачиваний) электродвигателя в 5—6 раз, массу оборудования в 3—4 раза и снизило стоимость изготовления. Двигатель устанавливают горизонтально на тумбы такой высоты, при которой рабочему удобно осматривать двигатель внутри и снаружи. Вертикальный способ (двигатель установлен вертикально) обеспечивает более удобный осмотр остова и катушек полюсов, так как остов можно в процессе ремонта повернуть в любое положение. При горизонтальном способе остов на рабочих позициях имеет только одно положение.

Ремонт тяговых электродвигателей. В моечную машину подают на тележке три тяговых двигателя. Люки остова закрывают заглушками с гибкими шлангами, по которым подается нагретый до $80-90^{\circ}\text{C}$ воздух под давлением до 0,5 МПа. Воздух препятствует проникновению внутрь остова воды, а повышенная температура его способствует испарению воды, если она все-таки попала. При отсутствии моечной машины или плохой защите от попадания влаги внутрь тяговые двигатели очищают снаружи скребками и ветошью, смоченной в керосине.

Обмытый тяговый двигатель передают в электромашинный цех, где спрессовывают шестерню пневмогидравлическим съемником или насосом высокого давления (маслосъемом).

При спрессовке съемником захваты надевают на шестерню. Воздух через автоматическую головку поступает в воздушный цилиндр, который через клапанную коробку приводит в действие масляный насос пресса. Шток пресса упирается в торец вала, и захваты стягивают шестерню с конуса вала. При спрессовке шестерни маслосъемом масло под большим давлением (400 МПа) подается к месту сопряжения двух поверхностей (вала и шестерни). Шестерня как бы всплывает и снимается с вала. Для поступления масла на валу тягового двигателя имеются вертикальное и горизонтальное отверстия. На поверхности конуса в месте выхода вертикального отверстия имеется кольцевая проточка, которую и заполняет масло.

Корпус 1 масляного насоса (рис. 50, а) ввертывают в хвостовик вала якоря. Рукояткой 7 перемещают вверх плунжер 9, и масло из резервуара 5 под действием пружины 4 открыв клапан 8, поступает под плунжер. При перемещении плунжера вниз клапан 8 закры-

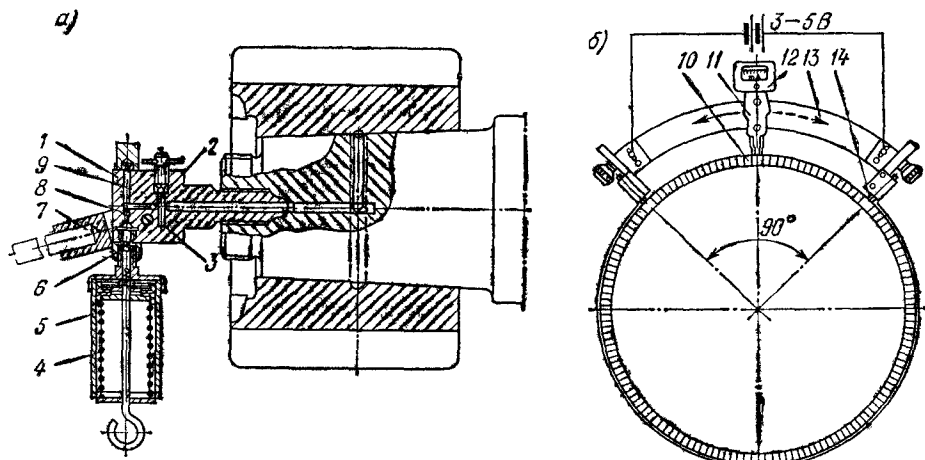


Рис. 50. Масляный насос (а) и приспособление для проверки якоря на межвитковое замыкание (б):

1 — корпус масляного насоса; 2, 8 — клапаны; 3 — игла; 4 — пружина; 5 — резервуар, 6 — штуцер; 7 — рукоятка; 9 — плунжер; 10 — коллектор; 11 — вилка, 12 — милливольтметр, 13 — скоба, 14 — щетки

вается, а клапан 2 открывается (насос создает давление). Корпус резервуара 5, предварительно заполненный маслом, ввертывают в штуцер 6. Игла 3 ограничивает подъем клапана.

Перед разборкой двигатель испытывают на холостом ходу при частоте вращения 400—500 об/мин, для чего питают его пониженным напряжением (примерно 90 В) от генератора депо.

Для выпрессовки подшипника из щита со стороны шестерни в нем есть три отверстия, в которые ввертывают штифты. Усилия передаются через штифты на торцы наружных колец подшипников. После разборки подшипниковые щиты, крышки моторно-осевых подшипников, крышки подшипниковых щитов, лабиринты и детали крепежа направляют в моечную машину. Подшипники моют в специальной машине в роликовом отделении. После обмывки подшипники тщательно осматривают и обмеряют их посадочные поверхности.

Остов с шапками собирают, затянув болты до отказа, и измеряют диаметры моторно-осевой горловины и горловин в подшипниковых щитах. Плотность посадки шапок в остовах замеряется предварительно щупом. При деповском ремонте в местах посадки допускается зазор не больше 0,05 мм. Если зазор превышает это значение, то натяг посадки проверяют более точно, используя специальные скобы.

Натяг шапки в остовах допускается от +0,045 до —0,05 мм. При натяге шапки менее допустимого значения посадочные поверхности шапки наплавляют с последующей обработкой. Правильность обработки проверяют шаблоном и контршаблоном. С надетыми шапками измеряют горловины под подшипниковые щиты индикаторным нутромером. При наличии овальности больше 0,6 в депо делают шабровку, а на заводах — расточку на станке.

Подшипниковые щиты после обмывки осматривают для выявления трещин и обмеряют по всем посадочным поверхностям. Замеры делают по двум взаимно перпендикулярным диаметрам. Определяют овальность, конусность и средний диаметр. Овальность и конусность при выпуске из деповского ремонта не должны превышать 0,08 мм. Натяг посадки подшипниковых щитов в остов должен быть в пределах 0,05—0,08. Если овальность или конусность выше допустимого значения или щит стал меньше по посадочной поверхности и не может быть установлен в остов с необходимым натягом, он наплавляется. Если износ посадочных поверхностей не превышает 0,15 мм, то в условиях депо разрешается восстанавливать натяг нанесением пленки эластомера ГЭН-150 (В).

Конус вала под шестерню проверяют калибром по краске. Площадь прилегания калибра к конусу вала должна быть не менее 75%. Выработки на конусе вала, задиры и риски у переходной галтели не допускаются. Отдельные выпуклости от забоин при необходимости снимают напильником. Конус вала притирают совместно с устанавливаемой шестерней на собранном электродвигателе.

Ремонт катушек полюсов сводится к проверке сопротивления изоляции катушек, внешнему осмотру, проверке плотности межка-

тушечных соединений. В депо, где катушки из остова, как правило, не вынимают, плотность межкатушечных соединений проверяют, пропуская двойной номинальный ток двигателя (1200—1400 А) от многоамперного агрегата через катушки полюсов в течение 3—5 мин. После отключения источника тока ощупыванием определяют место соединения и катушки, которые нагрелись за это время более других.

В случае распайки кабельных наконечников их перепаяивают вновь, а при изломе вывода снимают изоляцию в нужном месте, приваривают к витку меди вывод и изолируют его. Катушки с пробоем изоляции и межвитковым замыканием направляют на завод.

Якорь тщательно осматривают, контролируют мегаомметром сопротивление изоляции, проверяют плотность посадки клиньев, качество пайки петушков, износ коллектора, глубину продоразживания, целостность переднего стеклобандажа.

Если сопротивление изоляции соответствует норме, проверяют, нет ли межвиткового замыкания в обмотке якоря, качество пайки секций якоря в петушках коллектора. Для этого используют импульсную установку или приспособление. К одной из пластин коллектора подключают импульсный генератор. Два вывода индикатора устанавливают на равном расстоянии от точки подключения генератора. При замыкании витков на экране прибора появляются характерные кривые, по которым можно определить участки замыкания. Специальное приспособление (рис. 50, б) представляет собой скобу 13, сделанную из изоляционного материала, с двумя электрическими щетками 14 по концам. Щетки подключают к источнику постоянного тока напряжением 3—6 В. По дуге перемещают вилку 11 с контактами (щупами), присоединенными к милливольтметру 12. Щупы расположены на расстоянии коллекторного деления, т. е. милливольтметр измеряет падение напряжения между двумя соседними коллекторными пластинами.

При удовлетворительном состоянии коллектора стрелка прибора не должна отклоняться более чем на 15% от средних показаний. Большее отклонение в сторону уменьшения указывает на межвитковое замыкание в обмотке. Завышение показания более чем на 15% по сравнению со средним значением указывает на плохую пайку. Заброс стрелки указывает на неполный обрыв витков. Отсутствие показаний свидетельствует о полном разрыве витков. Если прибором установлена неудовлетворительная пайка, тогда якорь паяют вновь, а если обнаружено межвитковое замыкание или обрыв обмотки, то якорь направляют на завод для контактной пайки. Участки выгоревшего миканита между пластинами коллектора восстанавливают.

Бандаж на конусе коллектора проверяют на целостность и плотность прилегания к коллекторным пластинам. Его накладывают из стеклобандажной ленты ЛСБ-FO, 2×20, сильно затягивают, промазывая при этом каждый слой эмалью ГФ-95.

Для закрепления от разматывания бандаж прошивают по окружности и заглаживают горячим паяльником. После окончатель-

ной обработки бандажа и торцов коллекторных пластин их неоднократно покрывают эмалью ГФ-92ХС по тем пор, пока не образуется гладкая глянцевая поверхность. Загрязнение бандажа может привести к закорачиванию отдельных коллекторных пластин. Если передний ленточный бандаж при осмотре оказался исправным, то его защищают от старого лакового покрытия мелкой шкуркой и покрывают вновь эмалью.

Клинья, крепящие обмотку в пазах, при ослаблении выпрессовывают пневматическим молотком и специальным бойком. Для предохранения обмотки от механических повреждений при запрессовке нового клина под последний подкладывают прокладку из прессишпана. Для уплотнения клина в пазу допускается постановка двухтрех таких прокладок.

Продоразживание коллектора выполняется приспособлением, установленным на бандажировочном станке. Коллекторный миканит срезают фрезой, укрепленной на удлиненном валу электродвигателя, с частотой вращения фрезы 3000—4000 об/мин. Коллектор продоразживают так, чтобы после его обточки оставалась глубина 0,8—1,0 мм.

В процессе продоразживания коллектора на бандажировочном станке якорь поворачивают вручную каждый раз после прохождения фрезы паза по всей длине. Если в депо отсутствует специальный станок, то продоразживание можно производить вручную, используя приспособление, состоящее из ножовочного полотна, закрепленного в держателе (рис. 51, а). Для снятия фасок используют приспособление, выполненное из стальной ленты размером 2×30 мм, скрепленной заклепками между двумя пластмассовыми держателями (рис. 51, б). Фаски снимают для предохранения закорачивания пластин в случае затягивания меди на их краях при неудовлетворительной работе щеток.

После продоразживания коллектор обтачивают на токарном станке для выравнивания поверхности с минимальным снятием металла. При этом проверяют биение в месте посадки подшипников и уплотнительных колец, биение, конусность и овальность коллектора. После обточки с пластин снимают по всей длине фаски раз-

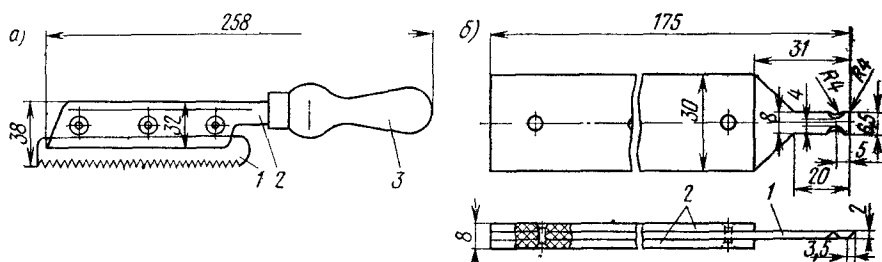


Рис 51 Приспособления:

а — для продоразживания, б — для снятия фасок; 1 — ножовочное полотно; 2 — держатель
3 — ручка

мером $0,3 \times 45^\circ$, заусенцы, коллектор шлифуют абразивными брусками или полотном зернистостью 220. Стеклоанное полотно натягивают на специальную колодку, радиус которой соответствует радиусу коллектора. Применение мягкой подложки под стеклоанное полотно при шлифовке коллектора не допускается, так как это приводит к закруглению краев пластин. Если коллектор при проверке на стенке показал биеение или овальность, то его нагревают до температуры $70-80^\circ \text{C}$, подтягивают коллекторные болты и только после этого обтачивают. В условиях депо при ремонте ТР-3 разрешается коллекторы не обтачивать и не шлифовать, если износ не превышает 0,25 мм, биеение и конусность не выходят за пределы допустимых норм, а цвет всех пластин одинаковый — от светло-каштанового до темно-коричневого. После механической обработки коллектор продувают сжатым воздухом.

Якоря пропитывают для повышения качества изоляции, увеличения электрической прочности, влагостойкости и монолитности обмоток. В процессе пропитки лак проникает в поры изоляции, заполняет пустоты, вытесняет воздух, улучшая тем самым отвод тепла. Для пропитки тяговых машин применяют термореактивные лаки ФЛ-98 и ПЭ-933.

Термореактивные лаки теплостойки, имеют высокие изолирующие свойства, хорошо проникают во все части обмотки, высыхают в глубоком слое (между сердечником якоря и бандажом), цементируют (т. е. приклеивают обмотку к сердечнику и склеивают между собой) обмотку. Кроме того, эти лаки образуют поверхностную маслостойкую пленку, однако эта пленка, как показал опыт, в процессе эксплуатации разрушается и якоря требуют дополнительного покрытия эмалью. В современных двигателях предусмотрено покрытие якорей эпоксидной эмалью горячей сушки типа ЭП-91. В условиях депо в большинстве случаев для пропитки якорь погружают в бак с лаком и выдерживают в течение 15—20 мин. После этого якорь устанавливают в наклонном положении на приспособление с поддоном и через 3—5 мин поворачивают на $\frac{1}{4}$ оборота для стока излишков лака. Затем якорь сушат в печи, покрывают эмалью, сушат на воздухе и снова сушат в печи. Продолжительность пропитки в лаке ФЛ-98 и сушки тяговых машин при ремонте в депо приведена в табл. 7. Время сушки отсчитывают при достижении температуры печи 130°C .

Пропитка компаундами отличается от пропитки лаками тем, что компаунд должен быть предварительно разогрет до жидкого состояния. В некоторых депо и на заводах пропитку компаундами производят под вакуумом и давлением на специальных установках.

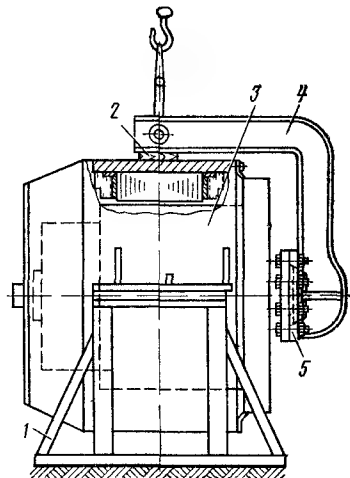
Ремонт тяговых генераторов. При текущем ремонте ТР-3 генератор с тепловоза снимают, разбирают, очищают от грязи, пыли, проверяют состояние узлов крепления, изоляции, подшипники, устраняют износ коллектора, определяют износы и при необходимости заменяют поврежденные узлы и детали.

В тех депо, где имеется 30-тонный кран и используется крупноагрегатный метод ремонта, снимают с тепловоза дизель-генератор,

Таблица 7

Операция	Температура якоря, °С	Продолжительность пропитки и сушки, ч		
		тягового электродви- гателя	генератора	возбудителя вспомога- тельного генератора
Предварительная сушка в печи	130—140	8	14—18	5
Пропитка погружением в лак	60—70	8—10 мин	9—10 мин	8—10 мин
Сток лака	—	10—15 мин	10—15 мин	10—15 мин
Сушка после пропитки в пе- чи	130—140	10	10—12	4
Покрытие якоря эмалью: ЭП-91 ГФ92-ГМ	70—80	8—10 мин	10—15 мин	5—8 мин
	60—70	8—10 мин	10—15 мин	5—8 мин
Выдержка якоря на воздухе	—	2	1	1
Сушка после покрытия яко- ря эмалью	140—150	4	4	4

Генератор отсоединяют от поддизельной рамы и направляют на рабочее место ремонта генераторов, продувают сжатым воздухом в специальной камере. Наружную поверхность станины обтирают ветошью, смоченной в керосине. После этого с вала якоря снимают муфту и вентиляционный патрубок. От подшипникового щита отсоединяют токопроводящие шины, в щеткодержателях поднимают или совсем вынимают щетки. Так как генератор имеет только один подшипник, то для выемки якоря используют специальную Г-образную скобу 4 (рис. 52). Скоба одним концом крепится к фланцу 5 вала болтами, а другим поддерживается подъемным краном. Между скобой 4 и станиной 3 генератора помещают деревянную прокладку 2, служащую для вывешивания якоря в среднем положении, и кран освобождают. После этого отжимными болтами выпрессовывают подшипниковый щит и якорь вынимают. Разборку и предварительный осмотр генератора ведут на подставке 1. После разборки каждый узел

Рис. 52. Скоба для выемки
якоря генератора:1 — подставка, 2 — прокладка, 3 —
станина, 4 — скоба, 5 — фланец

продувают в камере, очищают волосяными щетками и передают на специализированные рабочие участки для дополнительного осмотра и необходимого ремонта.

Подшипниковый щит продувают воздухом, протирают техническими салфетками, смоченными в керосине, осматривают для выявления возможных трещин. Определяют износы по посадочным местам. Трещины и выработанные места исправляют электронаплавкой. После наплавки щиты обрабатывают на станке. Щит, проверенный и восстановленный по своим размерам, укладывают щеткодержателями вверх на приспособление, представляющее собой стеллаж с барабаном.

Диаметр барабана равен диаметру коллектора машины и имеет риски, соответствующие положению щеткодержателей. На приспособлении производится сборка, регулировка щеточного аппарата и предварительная притирка щеток. Для этого барабан обертывают мелким стеклянным полотном и поворачивают несколько раз относительно оси. После притирки щеток всю систему продувают воздухом. Затем проверяют положение щеткодержателей; регулируют нажатие на щетки, расстояние между щеткодержателями, расстояние от корпуса щеткодержателей до поверхности коллектора, перекос щеткодержателей относительно коллекторных пластин; устанавливают необходимую раздвижку щеток.

Станина, катушки, межполюсные соединения (магнитная система) в процессе эксплуатации сильно загрязняются. Пыль от износа щеток, пропитанная мельчайшими частицами масла и топлива, скапливается в углах полюсов, между витками катушек, образуя мостики, удалить которые обычной обдувкой воздухом не удастся. Поэтому для очистки магнитной системы применяют жесткие волосяные щетки. После очистки систему продувают сжатым воздухом.

У очищенных катушек полюсов проверяют мегаомметром сопротивление изоляции. Для этого один из выводов прибора подключают к выводу катушки (главного или добавочного), другим — касаются станины. При показании прибора, близком к нулю, катушки разъединяют и проверяют по группам, определяя методомключения катушку с низким сопротивлением. Если катушка пролита, т. е. сопротивление изоляции равно 0, ее заменяют. Если же сопротивление выше 0, но недопустимо низкое, определяют место возможного нарушения изоляции. Катушку снимают с полюса, еще раз тщательно очищают, сушат, покрывают эмалью; после высыхания вновь проверяют сопротивление изоляции. Если оно поднялось до 3 МОм, катушка считается исправной, в противном случае ее заменяют. Работы, проводимые при ремонте якоря, близки к работам, выполняемым при ремонте якоря тягового электродвигателя.

Для сборки подшипникового узла вал протирают салфеткой, смоченной в бензине, на него надевают заднее лабиринтное кольцо с упора в борт, а затем внутреннее кольцо подшипника. Якорь крепляют на скобе, которой пользуются для разборки, и с помощью мостового крана вводят его в станину, подложив под скобу

деревянную подкладку для освобождения крана. Подшипниковый щит протирают, отверстие под посадку подшипника смазывают тонким слоем смазки 1-ЛЗ. Подшипниковый щит запрессовывают в станину и на наружную поверхность кольца подшипника при помощи четырех технологических шпилек, при этом необходимо следить, чтобы совпали риски на щите и станине, нанесенные при первоначальной сборке генератора.

Окончательно закрепляют щит после настройки коммутации. После установки щита удаляют подкладку из-под подъемной скобы, плавно опускают другой конец вала на полюсы, снимают скобу с якоря. Устанавливают крышку подшипникового щита, подсоединяют выводные шины, ставят клицы, воздушный патрубок, щитки. Затем генератор продувают и подготавливают к установке на тепловоз.

Для этого с двух сторон на раму дизеля устанавливают четыре струбины (приспособление с болтами), служащие для перемещения генератора при центровке с валом дизеля и регулировке воздушных зазоров. Регулируют зазор перемещением станины генератора по горизонтали или подъемом вверх при помощи изменения толщины прокладок под лапы генератора. Измеряют зазоры под полюсами шупом длиной 500 мм, шириной 10 мм как со стороны коллектора, так и с противоположной.

После окончательной установки, центровки и закрепления генератора измеряют биение коллектора приспособлением, прикрепляемым к подшипниковому щиту. Биение коллектора на тепловозе допускается до 0,15 мм.

При ремонте генераторов переменного тока особое внимание уделяют обмотке статора—состоянию изоляции выступающих частей, соединительных шин, изоляционных гильз, установленных на концах секций, коронок на выходе из паза. Трещины в изоляции приводят к снижению сопротивления, а в последствии к пробоям на корпус.

У очищенного статора измеряют сопротивление изоляции для каждой звезды отдельно мегаомметром напряжением 500 В. Для измерения сопротивления изоляции первой звезды зажим мегаомметра, предназначенный для соединения с землей, присоединяют к корпусу машины, а другой зажим соединяют с одним из выводов 1C1, 1C2 или 1C3 (см. с. 137) фаз первой звезды. При этом один из выводов фаз 2C1, 2C2 или 2C3 второй звезды должен быть соединен с корпусом машины. Измерение сопротивления изоляции второй звезды производится аналогично. При таком способе измерения сопротивления изоляции между звездами не требуется. Сопротивление изоляции каждой звезды должно быть не менее 2 МОм. Обмотку статора проверяют на межвитковые замыкания, так же как и обмотки машин постоянного тока.

Синхронные тяговые генераторы ГС-501А также испытывают на кратковременную перегрузку по току в течение 2 мин при выпрямленном токе 8400 А. Этот режим испытания совмещается со снятием характеристики установившегося трехфазного

замыкания, которое осуществляется одновременным замыканием обеих звезд (без выпрямителя). Вибрационное смещение проверяют при холостом ходе (смещение не более 0,07 мм).

При сопротивлении изоляции ниже нормы, трещинах в покрытиях обмотки, ослаблении в пазах статор разрешается пропитать лаком в депо. Статор сушат предварительно в печи при температуре 175°С в течение 15—16 ч, обдувают от пыли, затем охлаждают до температуры 50—60°С и пропитывают лаком КО-947 или КО-916К. Вынутый из ванны статор выдерживают на воздухе 1—1,5 ч, а затем салфетками, смоченными в ксилоле, обтирают части, которые не должны покрываться лаком. После обтирки статор сушат при температуре 110—130°С в течение 2 ч, а затем при температуре 170—180°С в течение 16 ч. Сопротивление изоляции после сушки при температуре 100—110°С должно быть не менее 1 МОм. После этого обмотку статора покрывают изоляционной эмалью и вновь сушат при температуре 110—120°С в течение 2 ч и при температуре 140—150°С в течение 6 ч.

У очищенного ротора также замеряют сопротивление изоляции мегаомметром на 500 В. Щетки на контактных кольцах при этом поднимают. Если сопротивление изоляции ротора ниже нормы, еще раз тщательно очищают его и сушат в печи при температуре 110—120°С в течение 10—12 ч. Если сопротивление изоляции не восстановилось, контактные сегменты снимают и промывают места, где были сегменты.

Снятые сегменты промывают в бензине и просушивают, после чего вновь замеряют сопротивление изоляции отдельно каждого полюса ротора. Контактные кольца при износе протачивают, а потом шлифуют.

10. ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Изготовленные или отремонтированные тяговые электрические машины должны удовлетворять требованиям и нормам, установленным ГОСТ 2582 — 72, ведомственным техническим условиям и Правилам ремонта электрических машин тепловозов.

Приемо-сдаточным испытаниям подвергается каждая машина, прошедшая ремонт или выпускаемая заводом-изготовителем. Программа приемо-сдаточных испытаний включает в себя внешний осмотр машины, измерения сопротивления обмоток, испытания на нагревание в течение 1 ч, проверку частоты вращения и реверсирования при номинальных значениях напряжения, токов нагрузки и возбуждения для электродвигателей, для тяговых генераторов — проверку напряжений, соответствующих продолжительному режиму при низшем и высшем напряжении, при номинальной частоте вращения, испытания на повышенную частоту вращения, проверку биения коллектора, проверку коммутации, сопротивления и электрической прочности изоляции.

При осмотре машины обращают внимание на состояние коллектора, установку щеткодержателей, разбег якоря, исправность щеточного аппарата и легкость вращения якоря. Коллектор не дол-

жен иметь пластин с острыми кромками, заусенцами и забоинами. Биение коллектора, контактных колец на нагретой машине допускается для электродвигателей и вспомогательных машин не более 0,04 мм, тяговых генераторов 0,06 мм.

Испытание на холостом ходу проводят для проверки точности сборки машины. При этом оценивается работа подшипников и проработка щеток по коллектору. Так как тяговые электродвигатели с последовательным возбуждением в режиме холостого хода могут иметь разносную частоту вращения, поэтому в этом режиме они питаются пониженным напряжением, равным $1/8$ — $1/10$ номинального значения.

Электродвигатели ЭД-104, ЭД-105, ЭД-107, ЭД-108 и ЭД-118, в дальнейшем именуемые типа ЭД, проверяют в течение 30 мин при частоте вращения 600 об/мин, а ЭДТ-200Б — при 400 об/мин, тяговые генераторы — в течение 30—40 мин при частоте вращения 500 об/мин, вспомогательные машины — в течение 20—30 мин при частоте вращения, равной 25—40% номинального значения.

Чтобы выявить нагревание от трения щеток и испытать подшипники, тяговые электродвигатели работают на холостом ходу в течение 1 ч. Двигатели ЭД-107 и ЭД-118 должны работать при частоте вращения 2290 об/мин, а ЭДТ-200Б при 1900 об/мин.

Омическое сопротивление обмоток измеряют методом сопротивления (вольтметра и амперметра), который при использовании приборов класса 0,2 или 0,5 обеспечивает высокую точность.

Вольтметр, измеряющий падение напряжения, присоединяют с помощью стационарных зажимов непосредственно к выводам измеряемой обмотки. К обмотке якоря вольтметр подсоединяют специальными щупами, устанавливаемыми на коллекторных пластинах, расположенных между щетками. Омическое сопротивление измеряют до испытания машин (в практически холодном состоянии); полученное значение пересчитывают к температуре 20°C . Сопротивление не должно отличаться от номинального (паспортного) значения на $\pm 10\%$.

Машины испытывают на нагревание для определения превышения температуры (перегрева) обмоток, коллектора и подшипников над температурой охлаждающего воздуха при номинальном режиме работы. Испытания тяговых электрических машин под нагрузкой проводят методом взаимной нагрузки (возвратной работы). При этом методе две однотипные машины соединяют электрически и механически (с помощью полумуфт). Одна машина работа-

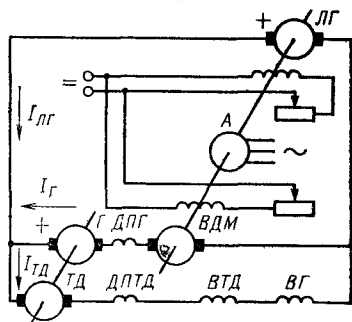


Рис 53 Схема стенда взаимной нагрузки:

ЛГ — линейный генератор; А — асинхронный двигатель; ВДМ — вольтодобавочная машина; Г — тяговый двигатель, работающий в режиме генератора; ТД — испытуемый тяговый электродвигатель; ДПТД, ДПГ — обмотки добавочных полюсов ВТД ВГ — обмотки главных полюсов (возбуждения) двигателя и генератора

ет в режиме генератора, а другая — двигателя (рис 53) Машина, работающая генератором Г, питает машину, работающую двигателем ТД, которая вращает генератор Потери обеих машин покрываются вольтодобавочной машиной ВДМ и линейным генератором ЛГ. Машина ВДМ покрывает электрические потери, а ЛГ — магнитные и механические Испытание на нагревание производится при номинальном режиме: например, для электродвигателя ЭД-118А при напряжении 470В, токе 720 А, частоте вращения 585 об/мин и подаче охлаждающего воздуха 80—75 м³/мин.

В процессе испытания машины постоянно контролируется ток нагрузки, напряжение, частота вращения, температура подшипников, охлаждающего воздуха и неподвижных обмоток После окончания машины измеряют температуру обмотки якоря методом сопротивления, а коллектора — методом термометра. Превышение температур обмоток для электродвигателя ЭД-118А должно быть не более: якоря — 140°С, главных и добавочных полюсов — 155°С, коллектора — 95°С, для ЭДТ-200Б — соответственно 120, 130 и 95°С.

Тяговые генераторы и тяговые электродвигатели разрешается испытывать без подачи охлаждающего воздуха при открытых люках в течение 1 ч при номинальном напряжении и токе, устанавливаемом превышение температуры, равное превышению температуры при номинальном режиме Для тягового электродвигателя ЭД-118А этот ток равен 575 А. Тяговые генераторы также разрешается испытывать методом короткого замыкания, поддерживая при этом ток номинального режима. Для вспомогательных машин в качестве нагрузки используется нагрузочный реостат.

Отклонения частоты вращения проверяют в обоих направлениях вращения после испытания на нагревание. Допустимые отклонения частоты вращения тяговых электродвигателей $\pm 3\%$ номинального значения

Испытание на повышенную частоту вращения проводится на нагретой машине при холостом ходе в течение 2 мин Частота вращения для тяговых электродвигателей превышает на 25% максимальную частоту вращения (для ЭД-118А — 2860 об/мин), для тяговых генераторов и вспомогательных машин — на 20%. В депо тяговые генераторы на повышенную частоту вращения не испытываются

После проведенных испытаний детали машины не должны иметь изменений, могущих отразиться на ее работе.

Уровень вибрации проверяют при жестко закрепленной на стенде электрической машине на холостом ходу и установившейся максимальной частоте вращения. Вибрацию измеряют на подшипниковых щитах в направлении, перпендикулярном оси вращения. Вибрационная скорость должна быть не более 4 мм/с для всех тяговых электродвигателей.

Коммутация машины осматривается визуально по степени искрения под сбегающим краем щетки. ГОСТ 183—74 устанавливает 5 классов коммутации 1 — искрение отсутствует; 1¼ — слабое точечное искрение под небольшой частью щетки приблизительно

у одной четверти щеток; $1\frac{1}{2}$ — слабое искрение под большей частью щетки примерно у половины щеток; 2 — искрение под всем краем щетки; 3 — значительное искрение под всем краем щетки с крупными вылетающими искрами.

Для тепловозных машин допустимыми классами коммутации являются 1— $1\frac{1}{2}$. Электрические машины должны иметь удовлетворительную коммутацию при всех токах, соответствующих рабочим характеристикам машин, поэтому при снятии характеристик ведут наблюдения за коммутацией.

Коммутацию тягового генератора проверяют в течение 1 мин на тепловозе при реостатных испытаниях при номинальной частоте вращения, максимальном токе и напряжении, соответствующем этому току. Для генератора ГП-311Б проверку коммутации производят при токе 6600 А и напряжении 300 В. Коммутацию тяговых электродвигателей проверяют при снятии скоростных характеристик и при токе 1100 А и напряжении 300 В для двигателей типа ЭД. Этот режим выполняется в двух направлениях вращения в течение 30 с в каждом направлении.

Машина считается выдержавшей испытание, если не произошло каких-либо механических повреждений или кругового огня. Коллектор должен быть пригоден к работе без какого-либо исправления. При повышенном искрении проверяют нажатие пружин щеткодержателей, приработку щеток к коллектору, состояние коллектора, плотность контактов, биение коллектора, правильность установки добавочных полюсов и чередования щеткодержателей по коллектору. На тяговых генераторах дополнительно проверяют установку щеток на нейтрали индуктивным методом. Если эти проверки не улучшат коммутацию, то определяют зону наилучшей коммутации (безыскровой работы) машины методом положительной и отрицательной подпитки (отпитки) добавочных полюсов.

Точность установки щеток на геометрической нейтрали проверяют на неподвижном якоре. К двум щеткам, расположенным на расстоянии полюсного деления, подключается чувствительный магнитоэлектрический вольтметр. В обмотку возбуждения через выключатель подводится ток от постороннего источника постоянного тока, равный 1—5% номинального. Затем при помощи выключателя замыкают или размыкают цепь. Если щетки расположены на нейтрали, то стрелка вольтметра отклоняться не будет, так как э. д. с., индуцируемая в обмотке якоря, равна нулю. В случае смещения щеток с нейтрали будет происходить отклонение стрелки вольтметра. Необходимо сместить щетки и снова разомкнуть и замкнуть цепь возбуждения, при этом отметить не только значение, но и направление отклонения стрелки вольтметра. Если показание вольтметра уменьшилось, то щетки надо смещать в ту же сторону, если увеличилось — в обратную.

Определение зоны наилучшей коммутации методом подпитки и отпитки заключается в том, что при каждом значении нагрузки определяется наибольший и наименьший ток добавочных полюсов, между которыми коммутация остается безыскровой. Для этого

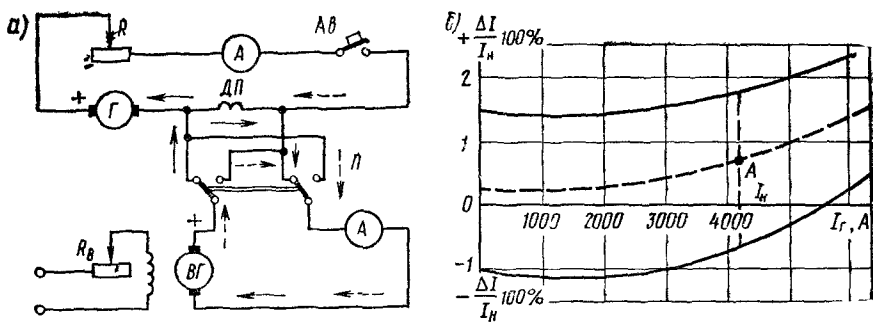


Рис. 54. Настройка коммутации генератора ГП-311Б
а — схема определения зоны коммутации; б — кривые подпитки и отпитки

к обмотке добавочных полюсов ДП через переключатель подводят ток от вспомогательной машины ВГ (рис. 54, а). Ток подпитки (или отпитки) изменяют до тех пор, пока не исчезнет искрение. Если искрение исчезнет при подпитке, значит добавочные полюсы слабые и, следовательно, воздушный зазор под ними (между сердечником полюса и остовом) нужно уменьшить. Если искрение исчезнет при отпитке, зазор необходимо увеличить. Зазор изменяют стальными и немагнитными прокладками. Например, для тягового генератора МПТ 99/47 при токе подпитки, равном 30 А, воздушный зазор уменьшается путем выемки немагнитной (латунной) прокладки толщиной 0,5 мм и постановки вместо нее стальной.

Для генератора ГП-311Б при токе подпитки добавочных полюсов +35 А требуется подложить стальную прокладку толщиной 0,5 мм, а при токе отпитки, равном — 35 А, вынуть стальную прокладку 0,5 мм, при токе подпитки ± 75 А — соответственно 1 мм. Зона безыскровой коммутации тягового генератора ГП-311Б показана на рис. 54, б. Из рисунка видно, что средняя линия зоны безыскровой работы должна располагаться при токах подпитки, а точка А при номинальном токе генератора $I_n = 4320$ А иметь ординату от 0,7 до 1,5 %.

Сопротивление и электрическую прочность изоляции оценивают по значению сопротивления и пробивного напряжения. Сопротивление изоляции электрических машин с номинальным напряжением до 500 В измеряется мегаомметром на 500 В, а машин, рассчитанных на напряжение больше 500 В, — мегаомметром на 1000 В. Сопротивление изоляции обмоток тяговых генераторов постоянного и переменного тока и тяговых электродвигателей, измеренное в холодном состоянии, не должно быть меньше 20 МОм. Отсчет по мегаомметру ведется через 1 мин после приложения напряжения.

Значение сопротивления изоляции обмоток тяговых генераторов постоянного и переменного тока, измеренное после испытания на нагревание, должно быть не менее 1 МОм. для тяговых электродвигателей типов ЭД104, ЭД105 и ДК304 Б — 1,5 МОм, для ЭД107, ЭД118, ЭДТ-200Б — 2 МОм.

Сопротивление изоляции измеряют следующим образом. Прежде всего проверяют исправность мегаомметра и выводных проводов, которые заканчиваются игольчатыми щупами. Игольчатые щупы соприкасаются друг с другом и вращают рукоятку прибора — стрелка должна показывать нуль. Затем щупы разъединяют, снова вращают рукоятку мегаомметра, — стрелка должна показывать бесконечность (знак ∞). Эти показания подтверждают исправность мегаомметра. Для определения сопротивления изоляции обмотки якоря на собранном тяговом электродвигателе выводной провод от зажима Л (линия) мегаомметра присоединяют к наконечнику кабеля Я1 или Я2, а выводной провод от зажима З (земля) — к болту, крепящему шапку моторно-осевого подшипника. Другой наконечник кабеля не должен касаться корпуса двигателя. При вращении рукоятки прибора стрелка укажет сопротивление изоляции.

Электрическую прочность изоляции проверяют в течение 1 мин повышенным напряжением переменного тока частотой 50 Гц. Испытуемое напряжение для тяговых генераторов и двигателей, прошедших капитальный ремонт, определяется $U_{исп} = 2U + 1000$, а после среднего или деповского ремонта $U_{исп} = 0,75(2U + 1000)$. $U = 85\%$ максимального напряжения тягового генератора (но не ниже номинального).

Машина прошла испытание, если не произошло пробоя или перекрытия изоляции обмоток. После испытания машина кэдвергается внешнему осмотру, при этом проверяется состояние коллектора, щеток, изоляторов, миканитового конуса, бандажей и др.

Напряжение тяговых генераторов проверяют при номинальной частоте вращения. Нагрузку и возбуждение устанавливают соответствующие продолжительному режиму при высшем напряжении. Напряжение не должно отличаться более чем на $\pm 5\%$ от паспортного.

ГЛАВА II

АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ

11. КИСЛОТНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ

Электрическим аккумулятором (элементом) называется химический источник тока, способный накапливать (аккумулировать) подводенную к нему при заряде электрическую энергию и при необходимости отдавать эту энергию во внешнюю цепь. Аккумуляторные батареи, установленные на тепловозах, предназначены для питания током тягового генератора при пуске дизеля, цепей управления и освещения при неработающем вспомогательном генераторе, а также для питания обмотки возбуждения вспомогательного генератора до перехода его на самовозбуждение. После включения в работу вспомогательный генератор питает все низковольтные цепи тепловоза и одновременно заряжает аккумуляторную батарею.

Аккумуляторная батарея состоит из последовательно соединенных элементов, работа которых основана на способности электрической энергии преобразовываться в химическую и, наоборот, химической энергии преобразовываться в электрическую. На тепловозах применяют свинцовые (кислотные) и железоникелевые (щелочные) аккумуляторы, отличающиеся друг от друга материалом пластин и составом электролита.

Устройство и принцип действия. Простейший свинцовый аккумулятор представляет собой сосуд с раствором серной кислоты (электролитом), в которую погружены две свинцовые пластины (электроды). Под действием серной кислоты свинцовые пластины покрываются тонким слоем сернокислого свинца. Пластины подвергаются формовке, т. е. электролитической обработке током, пропускаемым через эти пластины.

Во время заряда ток от внешнего источника подводится к положительной пластине и проходит по электролиту к отрицательной пластине. Сернокислый свинец на отрицательной пластине восстанавливается в губчатый свинец, а на положительной пластине превращается в двуокись свинца. При этом образуется серная кислота, а так как на ее образование расходуется вода, то плотность электролита повышается. Аккумулятор после заряда приходит в то же состояние, в каком он находился до разряда.

Обычно в кислотных аккумуляторах отрицательные пластины изготовляют из свинца с примесью сурьмы, придающей пластинам прочность. Положительные пластины (рис. 55) делают из чистого свинца. В качестве электролита применяют раствор химически чистой серной кислоты в дистиллированной воде.

Напряжение и э.д.с. кислотного аккумуляторного элемента ~~не~~ зависят от размеров аккумулятора при нормальной плотности электролита и средней температуре составляют 2—2,1 В. Если внешняя цепь разомкнута, то э.д.с. и напряжение аккумулятора равны; с увеличением плотности электролита э.д.с. элемента ~~возрастает~~ (рис. 56).

Аккумулятор, как и любой другой источник электрической энергии, обладает внутренним сопротивлением, поэтому напряжение, подведенное к аккумулятору при заряде,

$$U = E + IR_{\text{вн}},$$

где E — э.д.с. аккумулятора, В;

I — ток заряда, А;

$R_{\text{вн}}$ — внутреннее сопротивление аккумулятора, Ом.

При разряде напряжение на зажимах аккумулятора меньше его э. д. с.: $U = E - IR_{\text{вн}}$.

Во время заряда напряжение аккумулятора изменяется. В начале заряда напряжение элемента почти не изменяется, а к концу заряда поднимается до 2,6—2,7 В, при этом около пластин интенсивно выделяются газы (аккумулятор кипит). После отключения аккумулятора от источника тока напряжение элемента быстро снижается до 2,1—2,2 В.

Во время разряда напряжение аккумулятора быстро падает до 2 В, а затем медленно уменьшается до 1,8 В. Если продолжать разряд дальше, то напряжение начнет резко падать. Чтобы избежать повреждения аккумулятора, при напряжении 1,7 В разряд прекращают. В период разряда плотность электролита снижается, что объясняется образованием воды при происходящих реакциях; это приводит к уменьшению э. д. с. элемента. При заряде аккумулятора совершается обратный процесс.

Напряжение аккумулятора зависит от температуры электролита, так как с ее понижением возрастает внутреннее сопротивление элемента.

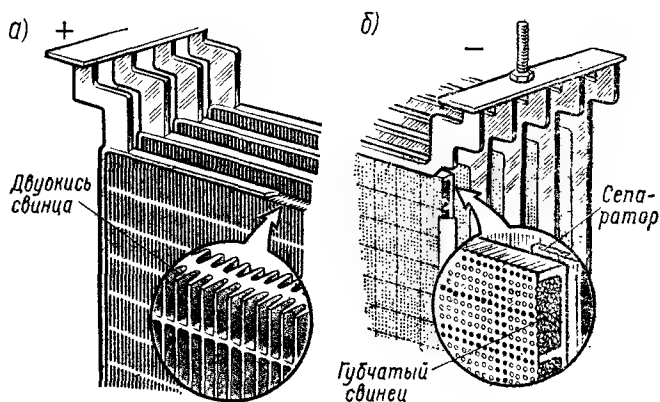
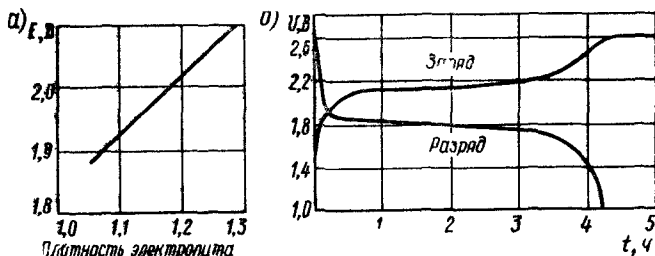


Рис. 55. Пластины кислотной аккумуляторной батареи:
а — положительные;
б — отрицательные

Рис. 56 Характеристики кислотного аккумулятора.

а — зависимость E от плотности электролита, *б* — зависимость напряжения U от времени заряда или разряда



Емкостью аккумулятора называется количество электричества, которое можно получить от полностью заряженного аккумулятора при разряде до минимально допустимого напряжения на зажимах. Емкость аккумулятора равна произведению разрядного тока на время разряда и выражается в ампер-часах.

Емкость аккумулятора определяется следующими факторами:

а) количеством активной массы пластин, т. е. размерами элемента: чем больше размеры пластин, тем выше емкость;

б) разрядным током: чем меньше ток, тем больше емкость;

в) плотностью электролита: чем больше в растворе серной кислоты, тем выше емкость; следует заметить, что при значительной плотности электролита происходит быстрое закупоривание пор пластин и емкость батареи может уменьшиться;

г) температурой электролита: с повышением температуры емкость возрастает, так как электролит лучше проникает в поры пластин. Однако при температурах 40—50° С сокращается срок службы аккумуляторов (быстро разрушаются отрицательные пластины).

Количество электричества, или энергии, которое отдает в цепь аккумулятор при разряде, всегда меньше, чем полученное им при заряде. Часть энергии расходуется на нагревание электролита и химические процессы. Отношение количества электричества в ампер-часах, отданного при разряде аккумулятора (емкости), к полученному при заряде количеству электричества называется *коэффициентом отдачи аккумулятора по емкости*. Для кислотных аккумуляторов эта величина равна 90—95 %.

Коэффициентом отдачи аккумулятора по энергии (т. е. коэффициентом полезного действия) называется отношение количества энергии в киловатт-часах, отданной при разряде, к количеству энергии, затраченной при заряде аккумулятора. Для кислотных аккумуляторов к.п.д. составляет 70—80 %.

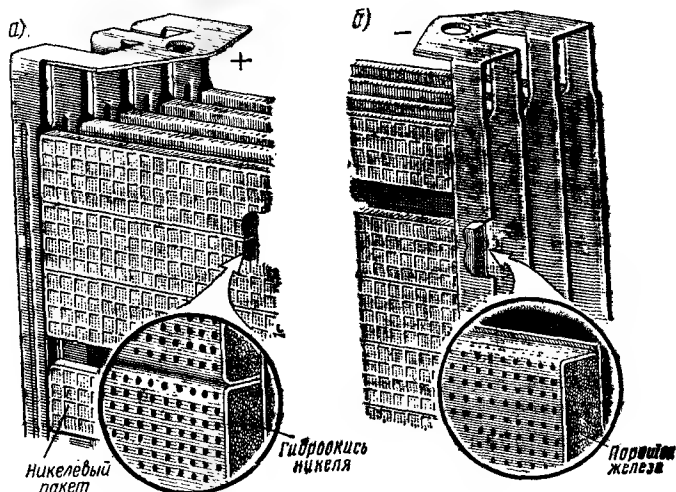
12. ЩЕЛОЧНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ

Щелочные аккумуляторы применяются двух типов: железни-келевые и кадмиевоникелевые.

Активная масса положительных пластин в этих аккумуляторах состоит из окисла никеля, смешанного для увеличения электропро-

Рис. 57. Пластины щелочной (железо-никелевой) аккумуляторной батареи:

а — положительные;
б — отрицательные



водности с графитом. Эта масса помещена в тонкие железные оболочки с мелкой перфорацией (рис. 57). Отрицательные пластины изготовлены из губчатого кадмия (железоникелевые аккумуляторы) или из губчатого кадмия с добавлением губчатого железа. В качестве электролита используют раствор едкого кали в дистиллированной воде.

При разряде аккумулятора окислы никеля в положительных пластинах переходят в гидрат окиси железа. Особенностью щелочных аккумуляторов является то, что концентрация раствора едкого кали при разряде остается неизменной. Поэтому напряжение щелочных аккумуляторов почти не зависит от плотности электролита и определяется степенью окисления активной массы. Во время заряда происходит обратный процесс: на положительных пластинах образуются окислы никеля, а на отрицательных восстанавливается губчатое железо.

Полностью заряженный аккумулятор имеет э. д. с., равную примерно 1,45 В. Вследствие большого внутреннего сопротивления щелочного аккумулятора напряжение его при разряде (рис. 58) значительно меньше этой величины. Вначале оно довольно быстро падает до 1,3 В, затем медленно снижается до 1,1 В; при таком

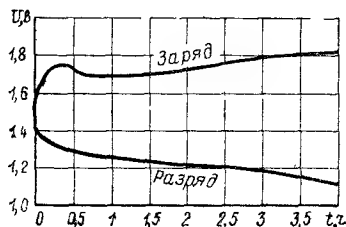


Рис. 58. Зависимость напряжения щелочного аккумулятора от времени заряда или разряда

напряжении разряд следует прекратить, иначе напряжение начнет резко уменьшаться. Об окончании заряда щелочного аккумулятора судят по напряжению. После того как напряжение достигнет 1,83 В, заряд продолжают еще в течение 30—40 мин, а затем прекращают. Длительность заряда составляет 6—7 ч.

Щелочные аккумуляторы имеют ряд преимуществ перед кислотными: в них не применяется дефицитный свинец, они медленнее, чем свинцовые, саморазряжаются (при этом не разрушаются пластины), имеют большую механическую прочность и малую чувствительность к перезаряду и недозаряду, а также к большим разрядным токам. По сравнению с кислотными эти аккумуляторы имеют больший срок службы (пять — десять лет вместо двух-трех). Недостатками щелочных аккумуляторов являются низкие коэффициенты отдачи по емкости (70—75%) и по энергии (55—60%), малое напряжение элемента (1,2 вместо 2,2 В у кислотного аккумулятора) и большая масса.

13. УСТРОЙСТВО АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

На тепловозах работают кислотные аккумуляторные батареи типа 32ТН-450. В этом условном обозначении 32 соответствует количеству элементов в батарее; буква Т — тепловозная; Н — тип положительных пластин — намазные; число 450 — емкость батареи в ампер-часах при 10-часовом разряде.

Четыре элемента батареи составляют секцию и монтируются в деревянном ящике (рис. 59). Внешняя и внутренняя поверхности ящика покрыты черным кислотоупорным лаком. Для удобства транспортировки к боковым стенкам ящика крепят подвески. Зазоры между элементами и ящиком заполняют фанерой или шпонами, а затем заливают кислотоупорной мастикой, которой покрывают также дно ящика до установки аккумуляторов. Масса одной секции батареи с электролитом равна примерно 160 кг.

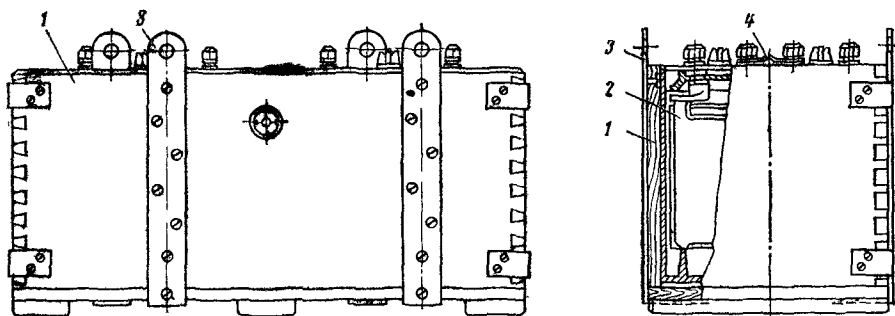


Рис. 59. Секция тепловозной кислотной аккумуляторной батареи:
1 — ящик; 2 — элемент батареи; 3 — подвеска; 4 — межэлементные соединения

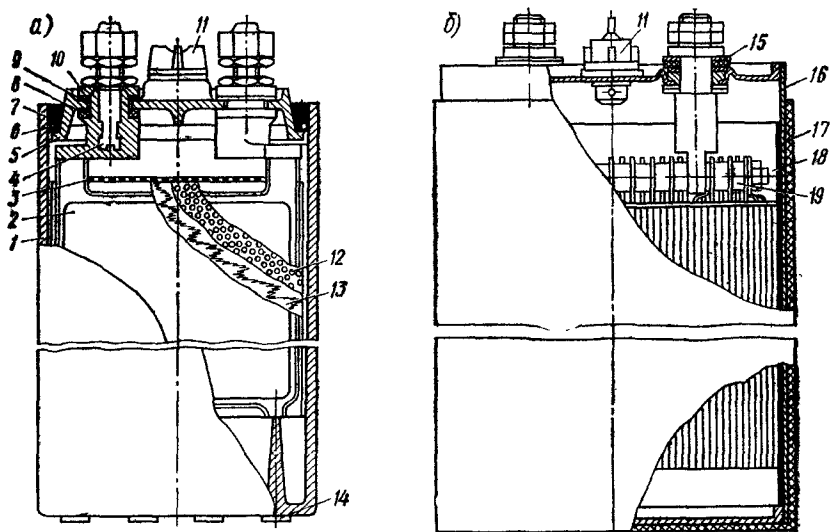


Рис. 60. Элемент тепловозной аккумуляторной батареи:

а — кислотной; *б* — щелочной; 1 — бак; 2 — пластины; 3 — щиток; 4 — контакт; 5 — крышка; 6 — асбестовый шнур; 7 — мастика; 8, 9 — резиновые шайбы; 10 — конусное кольцо; 11 — пробка; 12, 13 — сепараторы; 14 — резиновые амортизационные полосы; 15 — кольцо изоляционное; 16 — сосуд металлический; 17 — чехол резиновый; 18 — электролит; 19 — блок пластин

Элемент тепловозной кислотной аккумуляторной батареи (рис. 60, *а*) состоит из эбонитового бака 1 и пластин, 2, разделенных сепараторами 12 и 13. На дне бака имеются четыре высоких продольных выступа, а снизу — четыре резиновые амортизационные полосы 14.

В крышке 5 элемента пять отверстий, четыре из которых предназначены для контактов 4 и одно для заливки электролита. Это отверстие закрыто пробкой 11 особой конструкции с вертикальными и горизонтальными каналами и отражательным щитком. По каналам выходят наружу газы, образующиеся в элементе при работе, а щиток предотвращает выплескивание электролита. В каждом элементе 19 положительных и 20 отрицательных пластин.

Пластины представляют собой щитки, отлитые из свинцовосурьмянистого сплава (95% свинца и 5% сурьмы) и заполненные активной массой. Толщина положительных пластин 4,7 мм, отрицательных 3,3 мм. Внизу каждая пластина имеет две ножки, которыми она опирается на выступы сосуда, а в верхней части — контактные ушки. Пластины соединены баретками в положительные и отрицательные полублоки, к которым припаяны контакты, состоящие из медного штыря и свинцовосурьмянистой наплавки. Контакты уплотнены в крышке резиновыми шайбами 8 и 9. В зазоры между крышкой 5 и баком 1 элемента укладывают асбестовый шнур 6 и заливают кислотоупорную мастику 7.

Один из сепараторов, разделяющих разноименные пластины, изготовлен из листового пористого полихлорвинила толщиной 0,45 мм, другой — из стекловолока или винипласта. Сверху на сепаратор уложен защитный щиток 3, предохраняющий электролит от распыливания. В кислотной батарее тепловоза электролитом служит раствор аккумуляторной серной кислоты (плотность ее 1,83 г/см³) в дистиллированной воде.

Все элементы аккумуляторной батареи соединены между собой последовательно. Контактные выводы и межэлементные соединения изготовлены из меди или латуни. Чтобы предохранить от коррозии выводы и соединения, их покрывают свинцом. Зависимость емкости аккумуляторных батарей от режима разряда иллюстрирует табл. 8.

Таблица 8

Разрядный режим	Ток, А	Максимально допустимое напряжение элемента, В	Емкость батареи, А·ч
<i>Кислотная батарея 32ТН-450</i>			
10-часовой	45	1,8	450
5-часовой	68	1,7	340
Прерывистый толчками	1700	1,0	70
Прокрутка (5 мин)	900	1,45	75
<i>Щелочная батарея 46ТПЖН-550</i>			
5-часовой	110	1	550
Прерывистый толчками	2700	0,6	—
Прокрутка (5 мин)	1000	1	8,5

На ряде тепловозов, в том числе 2ТЭ10В и ТЭМ2, установлены щелочные батареи типа 46ТПЖН-550. Батарея этого типа разработана специально для тепловозов и состоит из 46 последовательно соединенных элементов. Напряжение ее в заряженном состоянии около 60 В, емкость 550 А·ч при 5-часовом разрядном режиме до минимального напряжения, равного 1 В на элемент. Зарядный ток нормально равен 150 А, напряжение аккумулятора в конце заряда 1,75 В. После окончания и отключения батареи напряжение элемента падает до 1,4—1,5 В.

Аккумулятор имеет два блока положительных и отрицательных пластин, которые размещены в стальном сосуде 16 (см. рис. 60, б). Пластины представляют собой ламели (коробочки), соединенные между собой в замок и укрепленные стальными ребрами, к которым приварены контактные планки. Пластины изолированы перфорированными сепараторами и резиновыми шнурами. Каждый блок имеет два борна, выведенных через отверстия в крышке и изолированных винипластовыми и резиновыми кольцами 15, пре-

пятствующими вытеканию электролита. Сосуд аккумулятора окрашен снаружи эпоксидной эмалью и защищен резиновым чехлом 17.

Четыре аккумуляторных ящика, расположенных под полом по обеим сторонам дизеля, выполнены из листовой стали, покрытой противощелочным лаком. Ящики снабжены вентиляционными каналами. Внизу ящика имеется поддон и деревянная рамка, на которую устанавливаются аккумуляторные банки, изолированные от ящика деревянными брусками. Батарея состоит из 46 элементов, соединенных последовательно медными никелированными перемычками (см. рис. 59, б).

Электролитом щелочной батареи служит 20%-ный водный раствор едкого кали (плотность 1,19—1,21 г/см³) в дистиллированной воде с добавлением 20 г/л моногидрата едкого лития, увеличивающего срок службы батареи, особенно при повышенных температурах.

При низких температурах (ниже —15°С) следует применять раствор чистого едкого кали с плотностью 1,27; это предохраняет электролит от замерзания. Электролит готовят в железной сварной посуде. Запрещается пользоваться посудой оцинкованной, луженой, медной, свинцовой и керамической.

14. НЕИСПРАВНОСТИ И РЕМОНТ

Неисправности. При правильной эксплуатации и тщательном уходе щелочные аккумуляторы работают длительное время без снижения емкости. Чаще всего неисправность щелочных аккумуляторов связана с потерей емкости. Емкость исправной батареи может снизиться из-за многократных пусков дизеля без последующего подзаряда; длительной работы вспомогательного оборудования при неработающем дизеле; систематического недозаряда батарей; длительной работы тепловоза с аварийным питанием; возбуждения генератора от батареи и др. Снижение емкости, своевременно замеченное, может быть устранено или приостановлено. Основными причинами потери емкости являются: накопление карбонатов в электролите, загрязнение электролита вредными примесями, высокая температура электролита во время эксплуатации, короткие замыкания в аккумуляторах.

Во время работы батарей в электролите за счет уголекислоты, поглощаемой из воздуха, накапливаются карбонаты, что вызывает повышение внутреннего сопротивления. Увеличение содержания карбонатов в 2,5—3 раза против нормы снижает емкость на 35—40%. Наиболее вредными примесями электролита являются хлор, аммиак, металлы и органические вещества. Небольшое содержание этих веществ усиливает саморазряд аккумуляторов, поэтому необходимо производить анализ воды, предназначенной для электролита.

Высокая температура электролита во время эксплуатации батареи вызывает безвозвратную потерю емкости из-за пассивации по-

ложительных электродов. С ростом температуры электролита железная активная масса начинает растворяться, действуя на положительный электрод и снижая при этом емкость. Повышение температуры электролита может быть вызвано систематическим перезарядом аккумуляторов. Перезаряд аккумуляторной батареи чаще наблюдается зимой, так как дизель останавливается на непродолжительное время и не чаще 2—3 раз в сутки. Поэтому в зимнее время необходимо утеплять батарею, а не увеличивать ток подзаряда.

Причиной коротких замыканий в аккумуляторных элементах чаще всего является большое количество осадков, образующихся при вымывании активной массы из электродов. Такое явление (особенно на отрицательных электродах) может вызываться систематическим перезарядом аккумуляторов, так как он сопровождается обильным выделением газов. Газ, образующийся в результате электролиза воды, увлекает частички активной массы и выносит их из электродов в электролит. Когда температура электролита достигает 50—60° С, частички активного железа растворяются в нем, а при охлаждении выделяются из электролита и оседают, образуя пленку. Сепараторы металлизуются и превращаются в проводники, что приводит к усиленному саморазряду и даже короткому замыканию. Короткие замыкания бывают и во всей батарее; часто к ним приводит падение сопротивления изоляции ниже нормы. Сопротивление изоляции батарей, измеренной вольтметром, должно быть не менее 25 кОм.

Характерными неисправностями кислотных аккумуляторных батарей являются:

течь банок, которую можно обнаружить по ненормально быстрому падению уровня электролита. Если течь выявлена в пути, то элемент следует отключить от цепи, так как течь приводит к утечке тока и полной «земле». По прибытии в депо банка, дающая течь, должна быть заменена целой;

короткое замыкание между разнополюсными пластинами, которое может быть в результате повреждения сепараторов или образования мостиков шлама между пластинами. Оно характеризуется понижением напряжения на элементе как при заряде, так и при разряде, понижением плотности электролита, не устраняемой дополнительным подзарядом, повышением температуры электролита;

сульфатация, т. е. покрытие пластин кристаллическим налетом, который препятствует взаимодействию электролита с пластиной. Чаще всего сульфатация появляется вследствие: недостаточного первоначального заряда; продолжительного бездействия в состоянии неполного заряда или даже разряда; систематически повторяющихся глубоких разрядов; систематических недоразрядов; применения электролита недопустимо высокой плотности; систематических быстрых зарядов большими токами; отсутствия своевременных восстановительных зарядов; низкого уровня электролита; внутренних коротких замыканий; загрязнения электролита вредными примесями; пониженной емкости элемента.

Сульфатация устраняется тремя-четырьмя циклами лечебных разрядов по инструкции завода. При чрезмерной сульфатации, если процесс не зашел слишком далеко, производится заряд слабым током. В особо тяжелых случаях запущенной сульфатации применяется заряд в дистиллированной воде;

повышенный саморазряд может быть вызван плохой изоляцией, внутренним коротким замыканием и местными реакциями в элементах, которые вызываются примесями в электролите;

утечка тока возникает при работе батареи из-за понижения изоляции батареи вследствие влажности стеллажей и оседания на проводах пыли, содержащей токопроводящие следы серной кислоты, выделяющиеся при заряде (саморазряд);

коррозия зажимов появляется вследствие плохого подтягивания нижних контргайек при съеме и постановке перемычек. Электролит просачивается к резьбовым местам борна, где из-за плохого покрытия резьбы свинцом происходит реакция железа с электролитом. Коррозия зажимов создает большое сопротивление току при пуске дизеля. Во избежание коррозии необходимо резьбу смазывать вазелином,

недозаряд обнаруживается по уменьшенной плотности электролита. Систематический недозаряд истощает элементы, и некоторые из них под действием других элементов могут изменить полярность;

перезаряд обнаруживается по сильному газовыделению и повышению температуры электролита. Это ослабляет активную массу; особенно положительных пластин, способствуя образованию шлама.

Ремонт. При техническом обслуживании ТО-2, ТО-3 и во время эксплуатации контролируют состояние батареи: измеряют, а при необходимости восстанавливают уровень электролита, измеряют под нагрузкой напряжение каждого аккумулятора (элемента), очищают поверхности банок и вентиляционного отверстия в пробках, проверяют крепление перемычек.

Если напряжение отдельных аккумуляторов значительно ниже остальных, при этом плотность их электролита будет также ниже, то такие аккумуляторы следует подзарядить от постороннего источника тока до постоянства напряжения и плотности. Если после подзаряда напряжение не достигнет общего уровня, то такие элементы должны быть заменены.

Плотность электролита измеряют сифонным ареометром, вмонтированным в стеклянный ци-

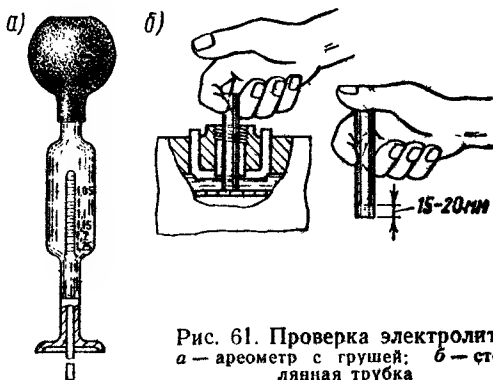


Рис. 61. Проверка электролита: а — ареометр с грушей; б — стеклянная трубка

лиандр с резиновой грушей и имеющим трубку для отсоса (рис. 61), или ареометром без резиновой груши. В этом случае при измерении необходимо иметь ареометр, стеклянный сосуд и резиновую грушу. Его удобно использовать в ремонтном цехе депо. Ареометр представляет собой полую стеклянную трубочку, запаивнную с обоих концов, имеющую внутри груз и шкалу. В нижней части трубка, расширяясь, образует поплавков. Для измерения плотности электролита через отверстие пробки аккумулятора засасывают грушей необходимое количество электролита и по шкале отсчитывают значение плотности.

Вследствие интенсивного испарения электролита его уровень снижается, при несвоевременной доливке дистиллированной воды пластины оголяются, подвергаются коррозии и выходят из строя. В южных районах страны летом воду доливают через $\frac{1}{2}$ дня, в зимнее время — примерно через 6—8 дней. Доливать дистиллированную воду необходимо перед зарядом батареи с тем, чтобы она могла смешаться с электролитом. В противном случае вода может остаться вверху и зимой замерзнуть. Проверка уровня электролита производится мерной стеклянной трубкой с контрольными рисками (рис. 61). Для доливки воды удобно использовать приспособление, изображенное на рис. 62. К контактным пластинам наконечника 1 припаяны провода 3, к которым подводится напряжение 6 В от источника питания. Нажатием на рукоятку 8 с пружиной 7 открывают или закрывают доступ воды по резиновой трубке 4 от переносного бачка в аккумулятор. При достижении электролитом требуемого уровня (15—20 мм выше пластин) контактные пластины

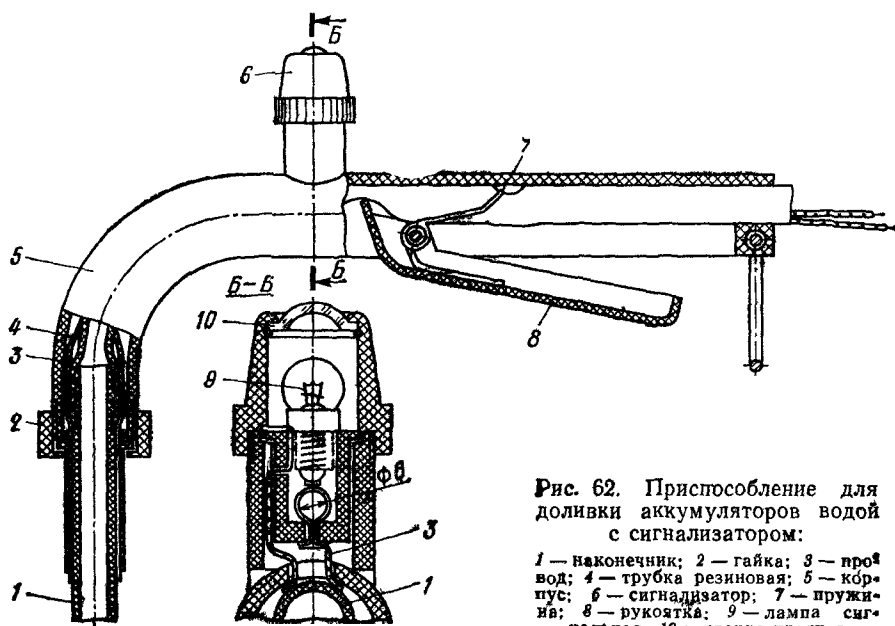


Рис. 62. Приспособление для доливки аккумуляторов водой с сигнализатором:

1 — наконечник; 2 — гайка; 3 — провод; 4 — трубка резиновая; 5 — корпус; 6 — сигнализатор; 7 — пружина; 8 — рукоятка; 9 — лампа сигнальная; 10 — стекло красное

через воду замыкают цепь лампы 9. В этот момент необходимо отпустить рукоятку 8, и подача воды прекратится.

Во время текущего ремонта ТР-1 электролит направляют на анализ, причем пробы берут только у аккумуляторов, которые имеют признаки неисправности (увеличенную температуру, пониженное напряжение и т. д.). Если электролит по своему составу не соответствует требованиям, его меняют. Если батареи исправны, то проводят восстановительный заряд по определенным режимам:

для кислотных батарей: заряд током 45 А и выдержка в покое в течение 1—2 ч; заряд током 20 А в течение 1 ч и выдержка в покое в течение 1—2 ч; повторяют 2—3 раза до тех пор, пока непосредственно после включения на заряд не будет наблюдаться обильное газовыделение;

для щелочных батарей: батарею подзаряжают током 150 А в течение 2—5 ч. Батареи подвергают восстановительному заряду, если после полного заряда они хранились более двух суток, систематически полностью не заряжались, были отклонения в напряжении или плотности у отдельных аккумуляторов. Если время, требуемое для восстановительного заряда, больше времени нахождения тепловоза в ремонте, то батарею снимают, а на тепловоз ставят исправную. Восстановительный заряд, если позволяет время, делают на тепловозе. В этом случае аккумуляторные отсеки вентилируют.

При замене электролита и во всех случаях через один ТР-1, если батареи исправны, проводят лечебно-тренировочный цикл по следующим режимам:

для кислотных батарей — заряд током 35 А до появления признаков конца заряда (постоянство напряжения и плотности в течение 2 ч и обильное газовыделение); разряд током 45 А до напряжения 1,8 В на двух наиболее слабых аккумуляторах; заряд двухступенчатым режимом: 1-я ступень — током 65 А до достижения напряжения 2,4 В; 2-я ступень — током 35 А до достижения признаков конца заряда;

для щелочных батарей — батарею разряжают током 110 А, сливают электролит, заливают теплой подщелоченной водой и оставляют для отстоя на 15—20 ч. После этого воду выливают, батарею заполняют свежим электролитом и проводят лечебно-тренировочный цикл по режиму: заряд током 150 А в течение 12 ч; разряд током 110 А в течение 5 ч; заряд током 150 А в течение 6 ч; разряд током 110 А до напряжения 1,6 В на элементе; заряд током 150 А в течение 12 ч.

При текущем ремонте ТР-3 аккумуляторные батареи с тепловоза снимают и передают в аккумуляторное отделение депо. Аккумуляторы поступают в ремонтное помещение депо, где производится при необходимости их вскрытие, устранение дефектов, промывка баков, сборка новых блоков пластин, сборка аккумуляторов. При сборке аккумуляторных блоков из пластин рекомендуется использовать только новые пластины обеих полярностей. Сборка аккумуляторов из новых пластин одной полярности и старых другой допу-

скается лишь в том случае, когда ранее работавшие пластины имеют небольшой срок службы.

Щелочные аккумуляторные батареи, как правило, не разбирают. При подтекании банок аккумулятор отбраковывают. При снижении емкости аккумуляторы подвергают циклу заряда-разряда и, если емкость их не восстанавливается (при свежем электролите), их исключают из эксплуатации. В ремонтном отделении щелочные аккумуляторы промывают, слив предварительно старый электролит.

Залитые свежим электролитом аккумуляторы перевозят в зарядное помещение. Для этого используется тележка с рольгангами, покрытыми резиной. С обеих сторон по бокам тележка имеет два откидных трапа, которые выдвигаются при подходе к стеллажам зарядного отделения. По ним аккумуляторы сдвигают на стеллажи. При выполнении работ с аккумуляторами необходимо соблюдать ряд предосторожностей. Многие элементы, входящие в аккумулятор, оказывают вредное воздействие на организм человека (свинец, заливочная битумная мастика, серная кислота, щелочь). Очень опасен гремучий газ, который образуется при заряде аккумуляторов. Появление искры может вызвать взрыв. Необходимо следить, чтобы аккумуляторные отсеки на тепловозах хорошо вентилировались. В аккумуляторных отделениях необходимо иметь всегда воду для смывания электролита, питьевую воду для нейтрализации кислоты и борную кислоту для нейтрализации щелочи.

Нахождение кислотных и щелочных батарей в одном цехе недопустимо. Попадание щелочи в кислотные батареи разрушает кислотные батареи, а попадание кислоты в щелочные батареи разрушает щелочные батареи. Поэтому нельзя пользоваться одной посудой, ареометрами, мерными трубками, грушами.

Работникам, связанным с обслуживанием аккумуляторных батарей, необходимо соблюдать правила личной безопасности, не пользоваться открытым огнем в аккумуляторных помещениях и на тепловозе, не выполнять каких-либо работ на батарее во время ее заряда. Работы, связанные с приготовлением электролита, разливом его по банкам и обслуживанием батарей, выполнять в защитных очках, фартуке и резиновых сапогах.

Все механические работы выполнять инструментом, имеющим изолированные ручки. Случайные короткие замыкания инструментом могут привести к взрыву. Нельзя вливать в кислоту воду — это может вызвать бурный нагрев и выбрасывание электролита (сосуды заполняют водой, а затем вливают кислоту).

Поднимая и опуская щелочной аккумулятор в резиновом чехле, нужно быть особенно внимательным, так как в чехле часто скапливается электролит и при резком опускании аккумулятора он фонтаном выбрасывается из-под аккумулятора и может попасть в лицо. Кожу рук и одежду следует защищать от попадания кислоты, щелочи и электролита,

ГЛАВА III

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ

15. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Условия работы электрических аппаратов на тепловозах. Электрические аппараты при работе на тепловозах испытывают вибрации, значительные колебания температуры, воздействие влаги, пыли, грязи, масла. Вибрации вызывают колебания (в основном вертикальные) деталей аппаратов, которые могут вызвать ослабление болтовых соединений, обрыв проводов и ложное срабатывание аппаратов. Чтобы этого не произошло, все крепежные детали — болты, винты, гайки, шпильки — ставят с пружинными шайбами; на ряде аппаратов устанавливают шплинты, контргайки, шайбы с отгибающимися концами и др.

Ложное срабатывание аппаратов исключается тем, что подвижные части, имеющие слабые пружины, балансируют, т. е. подбирают так, чтобы масса подвижных частей относительно оси вращения распределялась равномерно. Часть аппаратов устанавливают на амортизаторах. Наиболее чувствительные и точные аппараты закрывают кожухами (регулятор напряжения, реле давления масла, реле ограничения тока). Надежный электрический контакт обеспечивается путем пайки токоведущих частей припоями и монтажа проводов таким образом, чтобы исключалась возможность их перемещения при вибрации (небольшие припуски, прибандажировка к неподвижным частям).

Детали из меди или медных сплавов покрывают оловом (лудят) или красят эмалями и лаками, за исключением рабочих контактов. Детали, изготовленные из черных металлов, оцинковывают или окрашивают, а иногда хромируют или никелируют. Стальные оси шарнирных соединений, как правило, выполняют без покрытий, но в отверстие соединения запрессовывают втулку из латуни или бронзы.

Контакт электрических соединений. Место перехода тока от одного проводника к другому называется *контактом*, а электрическое сопротивление в этом месте — *переходным сопротивлением*. Различают неподвижные и подвижные контактные соединения.

К неподвижным контактным соединениям относятся такие, которые в процессе работы не разъединяются (соединение шин, кабельных наконечников). К подвижным контактным соединениям относятся контакты аппаратов, которые в процессе работы разъединяются. Переходное сопротивление зависит от силы нажатия, материала, температуры и качества обработки соприкасающихся поверхностей.

Электрический ток вызывает нагрев контактов, что в свою очередь приводит к окислению поверхностей, а следовательно, к росту контактного сопротивления. Увеличение сопротивления при окислении поверхности наиболее заметно у медных и алюминиевых контактов. Чтобы неподвижные контактные соединения не окислялись, их медные детали подвергают лужению. Подвижные контактные соединения (контакты контакторов, реверсор, рубильников) смазывают легким слоем технического вазелина. Повышение контактного сопротивления при окислении серебра весьма незначительно, поэтому серебряные и посеребренные медные контакты обеспечивают наиболее устойчивые соединения. Такие контакты широко применяются в тяговой электроаппаратуре. При увеличении контактного сопротивления повышаются тепловые потери, контакты могут перегреться, а при больших сопротивлениях оплавиться. Для уменьшения сопротивления применяют пружины, создающие достаточное нажатие на контакты.

Основными параметрами, характеризующими работу подвижного контактного соединения, являются: конечное нажатие, начальное нажатие, раствор (разрыв), провал. Усилие, создаваемое контактной пружиной в точке конечного касания контактов (при полностью включенном контакторе), называется *конечным нажатием*. Усилие, создаваемое контактной пружиной в точке первоначального касания контактов, называется *начальным нажатием*.

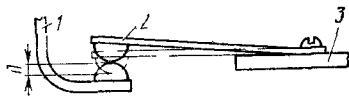
Конечное и начальное нажатия являются важными эксплуатационными показателями. Нагрев контактов в значительной степени зависит от конечного нажатия. Уменьшенное начальное нажатие приводит к оплавлению и привариванию контактов, а увеличенное значение его — к нечеткому срабатыванию контактора и к застреванию в промежуточных положениях.

Кратчайшее расстояние между контактными поверхностями подвижного и неподвижного контактов в разомкнутом положении называется *раствором*. Раствор создает необходимый изоляционный промежуток (воздушный) между контактами. Большой раствор может не обеспечить нормального нажатия и притирания, а малый может вызвать перекрытие между контактами.

В процессе включения контактов происходит их относительное скольжение и перекатывание. Скольжение разрушает пленку поверхностного окисления, перекатывание удаляет рабочую точку контактов от места включения и отключения, т. е. от места разрыва дуги. Это уменьшает износ контактов и предохраняет их рабочую поверхность от обгорания. Процесс совместного скольжения и перекатывания контактов от точки соприкосновения до конечного рабочего положения называется *притиранием* контактов.

Для лучшего притирания подвижной контакт нужно сконструировать так, чтобы возможно было обеспечить продолжение его движения после начала соприкосновений контактов. При этом после соприкосновения до положения полного включения подвижной контакт будет перекатываться и скользить по поверхности неподвижного, а контактный рычаг (или якорь) переместится на опре-

Рис. 63. Провал контактов реле:
1 — неподвижный контакт, 2 — подвижной контакт;
3 — якорь; П — провал



деленное расстояние и отойдет от контактодержателя. Если при полностью включенном аппарате убрать неподвижный контакт, то подвижной контакт будет перемещаться до тех пор, пока контактодержатель не соприкоснется с рычагом. Это расстояние называется *провалом* (рис. 63). Помимо притирания, провал обеспечивает также в пределах допусков работу контактора при изношенных контактах.

По форме контактные поверхности разделяются на три типа. *Точечные*, у которых соприкосновение происходит в одной точке (практически по поверхности малого радиуса) (рис. 64, а). Эти контакты применяются при небольших токах, например в блокировочных контактах реле. *Плоские* (поверхностные), у которых соприкосновение происходит в отдельных точках и по малым поверхностям (рис. 64, б). При небольших нажатиях плоский контакт дает малое число касающихся выступов и, следовательно, имеет значительное сопротивление. *Линейные*, у которых соприкосновение происходит по прямой линии (практически по очень узкой полоске), например касание двух цилиндрических контактных поверхностей (рис. 64, в). Линейный контакт при небольших нажатиях имеет относительно малое сопротивление. Линейные контакты нашли широкое применение в современных электрических аппаратах.

На тепловозах используются так называемые Г-образные контакты (в контакторах, рис. 64, г), пальцевые (например, в реверсоре, блокировочных контактах, рис. 64, д и е) и штепсельные (рис. 64, ж) линейного типа.

Образование электрической дуги и дугогашение. В аппаратах, выключающих электрические цепи под током большого значения, разрыв цепи почти всегда сопровождается образованием электрической дуги так как перед размыканием контактов вследствие резкого уменьшения нажатия и поверхности соприкосновения кон-

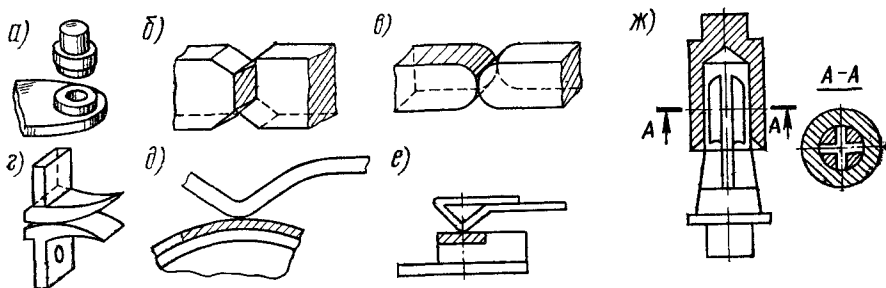


Рис. 64. Формы контактных поверхностей

такты в этом месте сильно нагреваются. В результате создается поток электронов, движущийся от горячего катода (отрицательно-го контакта) и ионизирующий окружающий воздух. Поэтому цепь сразу не разрывается и ток некоторое время течет через ионизированную среду. Температура дуги достигает очень больших значений — в среднем около 5000°C . Дуга, как и любой проводник, обладает определенным сопротивлением, зависящим от ее длины, площади, условий охлаждения и среды.

Для лучшего гашения дуги необходимо, чтобы контакты размыкались с большой скоростью только до момента достижения критической длины дуги, при которой она гаснет уже без дальнейшего разделения контактов. Затем скорость размыкания желательно уменьшить, так как большие скорости размыкания в цепях, обладающих значительной самоиндукцией, вызывают опасные перенапряжения. Чтобы раздвинуть контакты до расстояния, соответствующего критической длине дуги, потребовались бы большие габариты аппаратов, поэтому для увеличения длины дуги применяют особые дугогасительные устройства.

Дугогасительное устройство контактора состоит из камеры, в которой дуга гасится при помощи магнитного дутья, создаваемого специальной катушкой. Гашение дуги магнитным дутьем основано на законе взаимодействия проводника с током и магнитного поля. При выключении контактора между его контактами образуется дуга, вокруг которой создается магнитное поле (рис. 65). Это поле взаимодействует с полем, создаваемым дугогасительной катушкой таким образом, что дуга выталкивается по направлению к дугогасительным рогам 4 (рис. 65). Перемещаясь по рогам, дуга удлиняется до тех пор, пока не произойдет ее разрыв. Таким образом, дугу можно рассматривать как проводник с током, помещенный в магнитное поле дугогасительной катушки. Направление движения проводника при этом определяется правилом левой руки. Выбрав нужное направление потока в пространстве между контактами, мы можем заставить дугу выдвигаться в требуемом направлении.

Магнитное поле (рис. 65, б) создается дугогасительной катушкой 2, которая включена в силовую цепь последовательно с контактами 1. Стенки дугогасительной камеры имеют стальные полюсные наконечники 5, замкнутые сердечником 3 катушки. На-

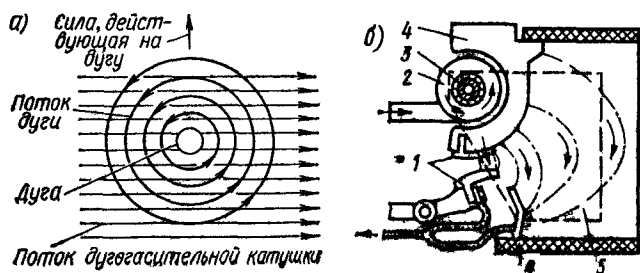


Рис. 65. Дугогасительное устройство:

а — взаимодействие магнитных потоков; б — электромагнитное дугогашение. 1 — силовые контакты, 2 — дугогасительная катушка, 3 — сердечник катушки, 4 — дугогасительные рога; 5 — полюсные наконечники

мотка катушки выполнена так, что поток, создаваемый ею, направлен за плоскость фигуры (от нас). Путь замыкания потока следующий: сердечник — полюс — воздушный зазор между полюсами — полюс — сердечник.

В результате взаимодействия магнитных полей дуги и катушки возникает сила, выталкивающая дугу в дугогасительную камеру. При этом дуга перебрасывается на дугогасительные рога 4. Под действием магнитного дутья и потоков нагретого воздуха внутри камеры электрическая дуга перемещается к концам дугогасительных рогов, удлиняясь и охлаждаясь, что приводит к быстрому ее гашению.

Чтобы ускорить гашение дуги, в дугогасительных камерах тепловозных контакторов сделаны продольные перегородки (существуют камеры и с поперечными перегородками). Перегородки расщепляют дугу на несколько параллельных пучков, которые, соприкасаясь с холодными перегородками, дополнительно охлаждаются и деионизируются. Дугогасительная камера препятствует перебросу электрической дуги на близко расположенные металлические части. Дугогасительные камеры изготовляют из асбоцемента, который обладает высокой теплостойкостью и хорошими изолирующими свойствами.

Классификация аппаратов. Аппараты, включенные в силовую цепь тепловоза (ее напряжение достигает 900 В) непосредственно или через добавочные резисторы, условно называют *высоковольтными*. Аппараты, работающие в цепях управления, освещения и вспомогательных нагрузок, напряжение которых 75—110 В, называют *низковольтными*.

Высокое напряжение может вызвать перекрытие токоведущих частей на корпус тепловоза и тем самым серьезно повредить электрическое оборудование. Чтобы избежать этих явлений, в высоковольтных аппаратах предусмотрены значительные расстояния (согласно техническим условиям) между токоведущими частями и корпусом, а в некоторых случаях эти части надежно изолируют. Так, например, болты силовых контакторов (ПК-753) выполняют с изоляционной головкой; болты, крепящие аппараты к каркасу высоковольтной (аппаратной) камеры, закрывают электрокартонном или заливают изоляционной массой. Изоляция катушек контакторов и реле, включенных в высоковольтную цепь, повышена по сравнению с низковольтными аппаратами.

В зависимости от привода аппараты подразделяются на аппараты с *непосредственным*, или *ручным* (рубильник аккумуляторной батареи), приводом и аппараты *косвенного*, или *дистанционного*, управления.

К аппаратам с дистанционным управлением относятся силовые контакторы, подключающие тяговые электродвигатели к тяговому генератору, которые включаются и выключаются аппаратами управления — контроллером машиниста и кнопочным выключателем, производящими соответствующие переключения в цепях управления.

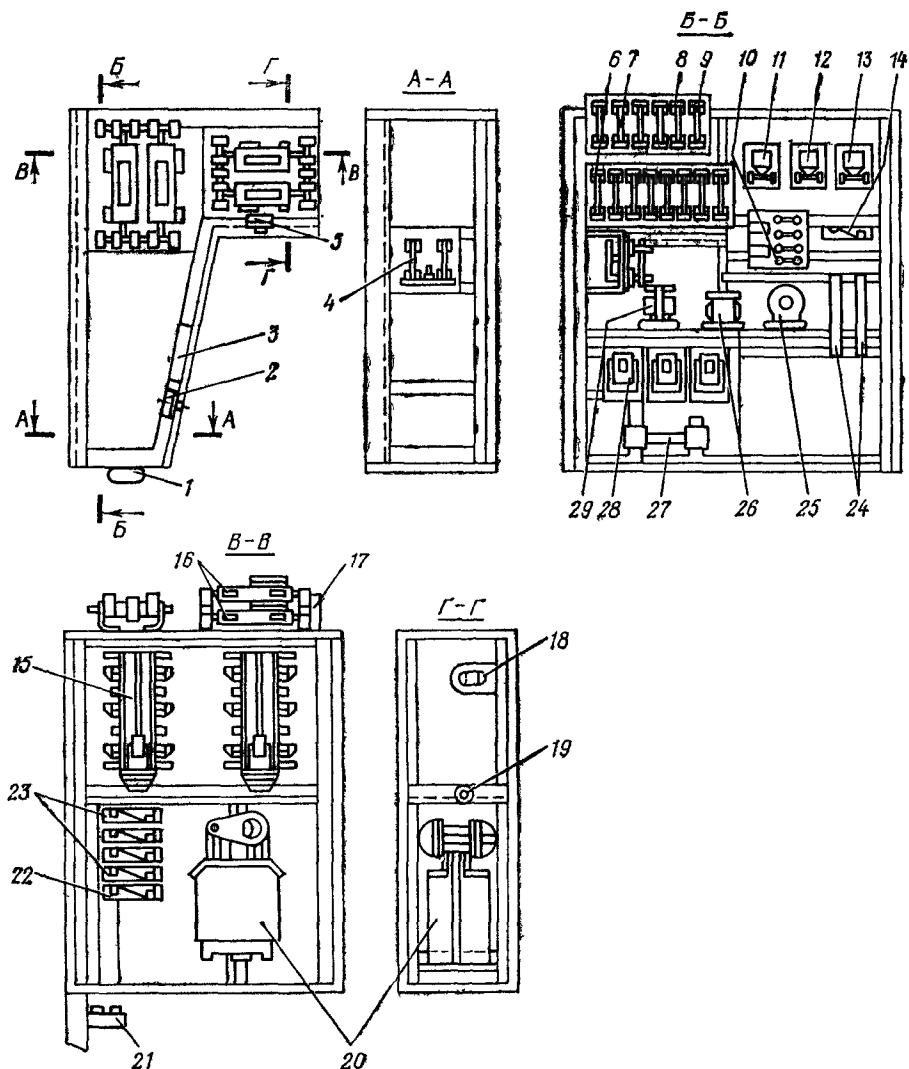


Рис. 66. Расположение электрооборудования в левой высоковольтной камере:

1 — антенно-согласующее устройство; 2, 5 — концевые выключатели (БДЗ, БД4); 3 — зажимник № 7; 4 — рубильник аккумуляторной батареи (ББ); 6 — резисторы (слева направо): СОУ, СОР, СБТН, СБТТ, СОЗ; 7 — резисторы в цепи трансформатора постоянного напряжения (СТН); 8 — резисторы в цепи стабилизирующего трансформатора (СТС); 9 — резисторы в цепи возбуждения подвозбудителя (СВПВ); 10 — панель выпрямителей (БВ); 11, 12, 13 — реле управления (слева направо): РУ16, РУ17, РУ18; 14 — шунт 117; 15 — контакторы ослабления возбуждения (слева направо): ВШ1, ВШ11; 16 — резисторы ослабления возбуждения (СШ1, СШ6); 17 — зажимник № 6; 18 — розетка штепсельная; 19 — датчик пожарной сигнализации; 20 — переключатели электропневматические кулачковые (ПР); 21 — клапан песочницы (КЛП-П); 22 — шунт 116; 23 — шунт 115; 24 — зажимной набор (СК6-СК7); 25 — трансформатор постоянного напряжения (ТПН); 26 — трансформатор распределительный (ТР); 27 — шунт 104; 28 — контакторы электромагнитные (слева направо) Д1, Д2, Д3; 29 — амплистат возбуждения (АВ)

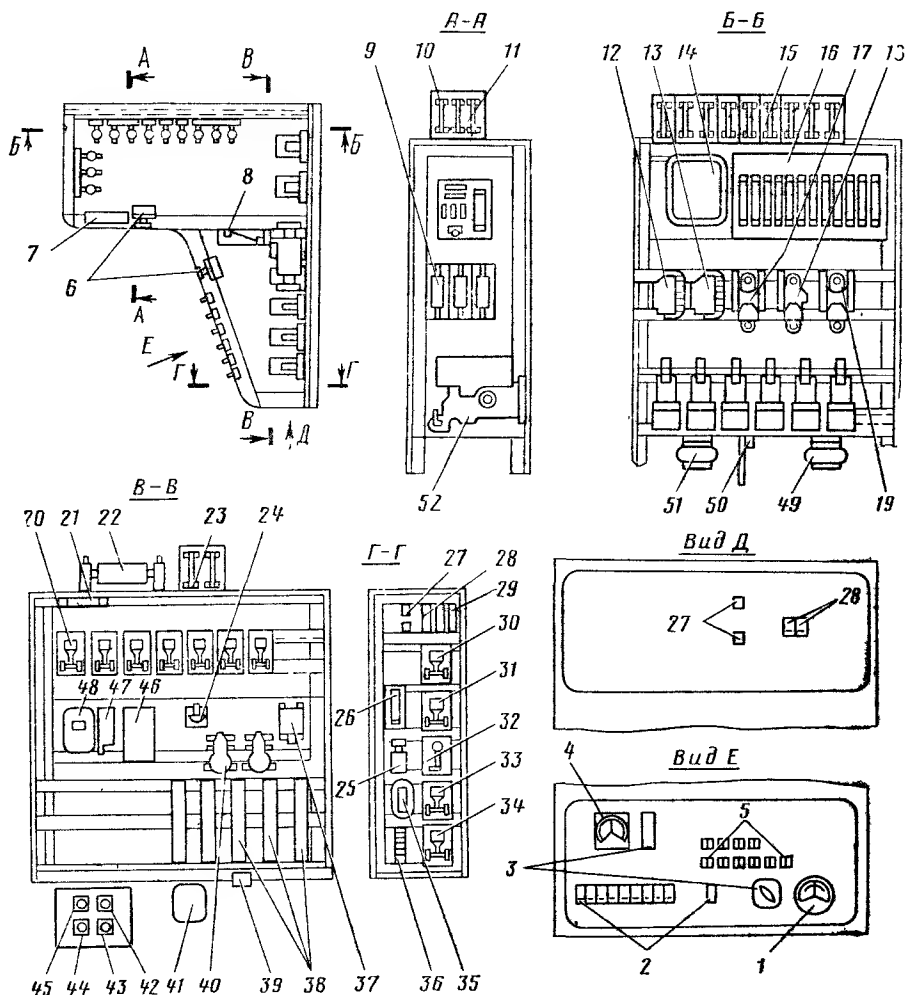


Рис. 67. Расположение электрооборудования в правой высоковольтной камере:

1 — электроманометр; 2 — автоматы (слева направо): «Радиостанция», «Локомотивная сигнализация», «Работа дизеля», «Жалюзи», «Пожарная сигнализация», «Светосигнальные приборы», «Вентиляторы кузова», «Управление дизелем», «Топливный насос»; 3 — переключатели (вверху) вольтметра, (внизу) аварийного режима (АР); 4 — вольтметр; 5 — тумблеры (вверху слева направо): «Локомотивная сигнализация», «Подкузовное освещение», «Маслопрокачивающий насос», «Световой номер», (внизу) отключатели моторов (ОМ1—ОМ6); 6 — выключатели концевые (БД1, БД2); 7, 21, 28 — клеммники № 5, 1, 19; 8 — шунт к амперметру 150А (103); 9 — панель предохранителей (107); 10 — панель диодов (ПД); 11 — панель резисторов (СВВ); 12, 13 — реле перехода РП1, РП2; 14 — блок боксования (ББ); 15 — резисторы (слева направо): ССН, СПР, СБТ, СВГ, СРП1, СРП2, СРБ1—СРБВ; 16 — панель резисторов СПРН1, СПРН2; 17, 18, 19 — контакторы (слева направо): КВ, ВВ, КМН; 20 — реле управления (слева направо): РУ3, РУ4, РУ6, РУ7, РУ8, РУ9, РУ10; 22 — резистор заряда батареи (СЗБ); 23 — панель резисторов (слева направо): СОЗ, СУ; 24 — тумблер (ПКР); 25 — реле времени (РВ2); 26 — резистор (СРВ2); 27 — тумблеры (вверху) «Освещение камер», (внизу) «Освещение дизельного помещения»; 29 — автоматы (слева направо): «Общий» +, «Общий» —; 30 — реле управления (РУ16); 31 — реле управления (РУ5); 32 — разъединитель (ВР3); 33 — реле заземления (РЗ); 34 — реле управления (РУ12); 35 — добавочный резистор к вольтметру (102); 36 — резисторы (120); 37 — реле времени (РВ1); 38 — зажимный набор (СК1—СК5); 39 — датчик электроманометра; 40 — реле времени (РВ3, РВ4); 41 — регулятор давления (РД); 42 — штепсельный разъем реостатных испытаний; 43, 44 — штепсельные разъемы «ввода в депо»; 45 — штепсельный разъем РВ; 46 — регулятор напряжения (БРН); 47 — блок выпрямителей (ПВ); 48 — блок тахометрический (БТ); 49, 51 — трансформаторы постоянного тока ТПТ4, ТПТ2; 50 — кнопка (ВК); 52 — контакторы электропневматические (П1—П6)

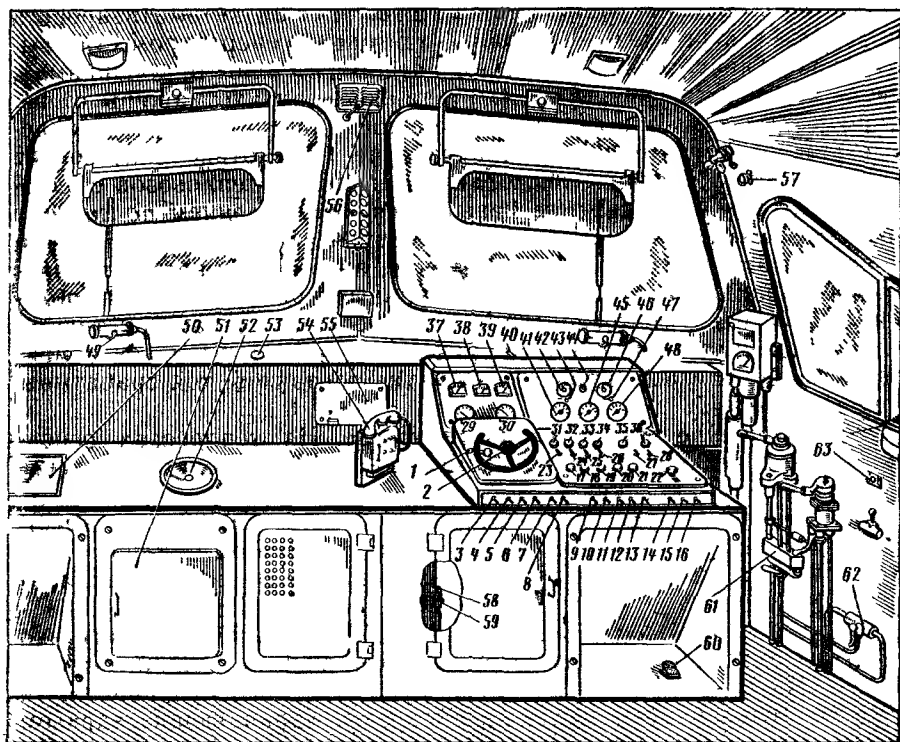


Рис. 68 Компоновка оборудования в кабине машиниста

7 — рукоятка реверсора 2 — штурвал контроллера 3 — тумблер «Калорифер» 4 — тумблер «Передний левый буферный фонарь» 5 — тумблер «Передний правый буферный фонарь» 6 — тумблер «Задний левый буферный фонарь» 7 — тумблер «Задний правый буферный фонарь» 8 — тумблер «Освещение пульта» 9 — тумблер АЛСН, 10 — тумблер «Жалюзи воды и верхние» 11 — тумблер «Жалюзи масла и верхние» 12 — тумблер «Жалюзи верхние» 13 — тумблер «Вентилятор холодильника» 14 — тумблер «Прожектор яркий» 15 — тумблер «Прожектор тусклый» 16 — тумблер «Освещение кабины» 17 — реостат «Освещение приборов» 18 — кнопка «Пуск дизеля I секции» 19 — кнопка «Пуск дизеля II секции» 20 — кнопка проверки АЛСН 21 — кнопка «Песок под I ю ось» 22 — кнопка «Проверка бдительности» 23 — тумблер «Управление переходом» 24 — тумблер «Управление холодильником» 25 — тумблер «Топливный насос I секции» 26 — тумблер «Топливный насос II секции» 27 — тумблер «Управление тепловозом» 28 — тумблер проверки пожарной сигнализации (ТП-2) 29 — электроманометр «Масло дизеля I секции» 30 — электроманометр «Масло дизеля II секции» 31 — сигнальная лампа «Пожар» 32 — сигнальная лампа «Реле заземления» 33 — сигнальная лампа «Сброс нагрузки I секции» 34 — сигнальная лампа «Дизель II секции» 35 — сигнальная лампа «Сброс нагрузки II секции» 36 — сигнальная лампа «Обрыв тормозной магистрали» 37 — амперметр тягового генератора 38 — вольтметр тягового генератора 39 — амперметр заряда батарей 40 — рукоятка включения воды для обмыва стекол 41 — манометр «Воздух в тормозных цилиндрах» 42 — электроманометр масла 43 — тумблер включения электротермометра масла 44 — кнопка аварийной остановки дизеля 45 — манометр «Воздух в уравнительном резервуаре» 46 — электротермометр воды 47 — тумблер включения электротермометра воды 48 — манометр «Воздух в питательной магистрали» 49 — стеклоочиститель 50 — ящик для инструмента 51 — бытовой холодильник 52 — электроплитка 53 — горловина бака для воды на обмыв стекол 54 — пульт радиостанции 55 — люк прожектора 56 — вентиляционный люк 57 — лампа освещения пульта 58 — автомат «Калорифер» 59 — автомат «Управление общее» 60 — педаль песочницы 61 — блокировочное устройство тормоза 62 — трехходовой кран тормозной системы 63 — кнопка маневровой работы

На современных тепловозах применяется система дистанционного управления, изолирующая машиниста от соприкосновения с высоковольтным оборудованием и позволяющая автоматизировать управление агрегатами тепловоза (тяговым генератором, тяговыми электродвигателями, дизелем, вспомогательными машинами), вести контроль за их действием, а также защитить машины от ненормальных режимов работы. Кроме того, дистанционное управление упрощает размещение аппаратов на локомотиве и позволяет осуществить управление несколькими секциями тепловозов с одного поста. Такое управление называется *«Управлением по системе многих единиц»*. По назначению электрические аппараты можно подразделить на аппараты управления, автоматического регулирования, защиты, контрольно-измерительные приборы и др. Необходимо отметить, что основными техническими характеристиками аппаратов являются: ток и напряжение (продолжительное и максимальное), раствор, провал и нажатие контактов, ток срабатывания (для реле).

Расположение аппаратов на тепловозе. На тепловозах основные электрические аппараты размещены в высоковольтной камере и на пульте управления.

На тепловозах ТЭ1, ТЭ2, ТЭ3, ТЭМ1, ТЭМ2, ТЭП60 и др. имеется одна высоковольтная камера; на тепловозах типа ТЭ10, 2ТЭ10В электрические аппараты размещены в двух камерах, а на 2ТЭ116 — в трех.

Аппараты силовой цепи (рис. 66, 67) и включения нагрузки тягового генератора в основном размещают на задних стенках камер. На боковых стенках группируют аппараты управления и защиты силовой цепи, а также аппараты, управляющие зарядом аккумуляторной батареи. В правой передней части кабины машиниста сосредоточены приборы управления тепловозом и контроля за работой агрегатов, а слева — приборы и выключатели, за показаниями которых следит помощник машиниста (рис. 68).

16. АППАРАТЫ УПРАВЛЕНИЯ

Контроллер машиниста. Контроллер машиниста (КМ) ¹ предназначен для коммутации цепей управления тепловозом. Переключением реверсивной рукоятки 1 (рис. 69) контроллера машиниста изменяют направление движения тепловоза. Изменением положения штурвала 2 контроллера меняют частоту вращения вала дизеля, а следовательно, и его мощность.

Контроллер КВ-1552 является новым типом контроллера и имеет ряд отличий от контроллеров КВ-16А-12, КВ-1-509, КВ-1501: применена контактная система мостикового типа, управление главным барабаном осуществляется штурвалом, отсутствует зубчатая передача.

¹ Для всех аппаратов приведено условное обозначение, принятое для схем электрических соединений тепловоза 2ТЭ10В (см. вкладку рис. 152).

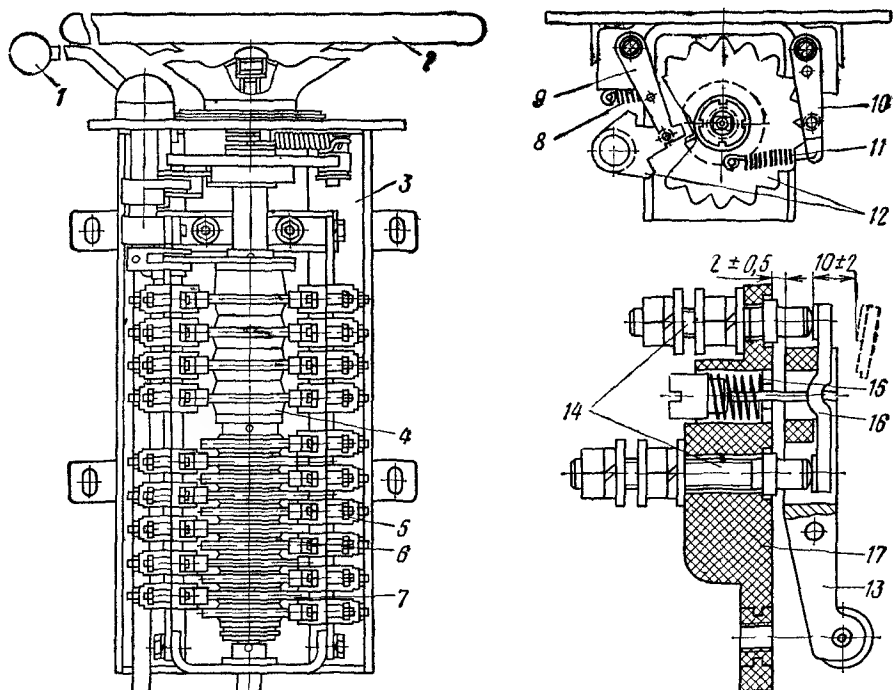


Рис 69 Контроллер машиниста KB 1552.

1 — рукоятка реверсивная 2 — штурвал, 3 — корпус, 4 — барабан реверсивный 5 — элемент контактный, 6 — барабан главный 7 — элемент кулачковый 8, 11, 15 — пружины 9 — фиксатор 10, 13 — рычаги, 12 — храповик 14 — болты контактные, 16 — мостик контактный, 17 — изолятор пластмассовый

Контроллер состоит из корпуса 3, крышки, главного 6 и реверсивного 4 барабанов, кулачковых элементов 7, реверсивной рукоятки 1 и штурвала 2. На вал главного барабана набираются кулачковые шайбы, при помощи которых замыкаются и размыкаются в определенной последовательности контактные элементы 5. Положения главного и реверсивного барабанов фиксируются на их валах храповиками 12. Фиксация храповика происходит на каждой позиции штурвала или реверсивной рукоятки специальным рычагом 10, фиксатором 9 и пружинами 8 и 11. Фиксатор является одновременно механической блокировкой реверсивной рукоятки и штурвала. Механическая блокировка исключает перемещение реверсивной рукоятки на ходовых позициях штурвала главного барабана и перемещение штурвала на нулевом положении реверсивной рукоятки.

Реверсивная рукоятка съемная, она имеет три положения: «Вперед», «Назад» и нейтральное. Снять рукоятку можно только при положении штурвала на холостом ходу (нулевом). Штурвал главного барабана имеет одно положение «холостой ход дизеля» и пятнадцать рабочих позиций (положений). Контактный элемент — мостикового типа с двойным разрывом контактов, состоит

из изолятора 17 и рычага 13, контактных болтов 14, мостиковых контактов 16, держателя и пружин 15, обеспечивающих начальное и конечное контактное нажатие. В рычаге имеется ролик, который, перемещаясь по поверхности кулачковой шайбы, включает или выключает контактный элемент.

Контроллер КВ-1552 имеет следующую техническую характеристику:

Тип контактов	Мостиковый
Напряжение	75 В
Ток продолжительного режима	10А
Ширина	10 мм
Раствор	6—8 »
Провал	2,5—3,5 мм
Нажатие	34—35 Н
Угол поворота:	
главной рукоятки	115°
главного барабана	230°
реверсивного барабана в обе стороны от нулевого положения	30°
Число элементов главного барабана	12
Число элементов реверсивного барабана	2
Число позиций	15

Кнопочные выключатели, тумблеры. Включение и выключение цепей управления, освещения и цепей вспомогательных электрических машин выполняют кнопочными выключателями (ВК). На тепловозах применяются кнопочные выключатели КУ-26А-2 (ТЭ2), ВК-2 (ТЭ3), ВКР-1200 (ТЭ10, ТЭП60), ВК-12А-3 (ТЭМ1, ТЭМ2), имеющие по 12 кнопок, из которых две с самовозвратом для пуска дизеля. Во всех этих выключателях применен один и тот же кнопочный элемент.

Каждая кнопка (рис. 70) имеет два неподвижных стальных пальца 5, привинченных к деревянной рейке 9, и подвижной фиб-

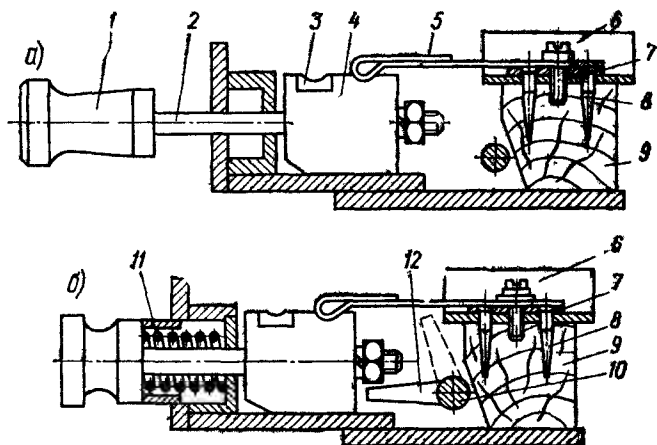


Рис. 70. Кнопки кнопочного выключателя:

а — без пружины;
б — с возвращающей пружиной; 1 — пуговка; 2 — стержень; 3 — контактная планка; 4 — ползун; 5 — неподвижные пальцы; 6 — изолятор; 7 — стальная планка; 8 — винты; 9 — деревянная рейка; 10 — валик; 11 — пружина возвратная; 12 — рычаг затворный

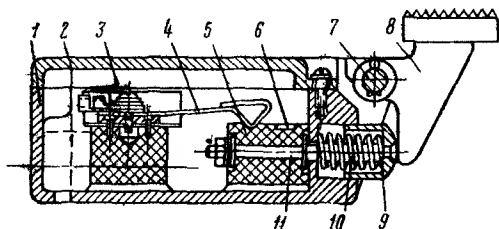


Рис 71. Педаль песочницы или тифона

1 — корпус, 2 — крышка, 3 — изолятор, 4 — пальцы, 5 — ползун, 6 — подвижной контакт, 7 — ось, 8 — рычаг, 9 — стакан, 10 — пружина, 11 — стержень

овый ползун 4, на котором укреплена медная контактная планка 3. Ползун соединен стержнем 2 с пуговкой (головкой) 1 кнопки и он имеет канавку для фиксации кнопки в выключенном положении

Кнопочные выключатели (за исключением ВКР-1200) снабжены механическим замком, представляющим собой валик 10 с рычагами 12, запирающими часть кнопок. Валик поворачивается рукояткой (ключом), которая надевается на него через отверстия выключателя. Рукоятка может быть вставлена и вынута только при выключенных и запертых кнопках.

На тепловозах 2ТЭ10В вместо кнопочного выключателя установлены автоматы типа А-3161 на 15 и 20 А. Выключатель кнопочный ножной (КН) (педаль песочницы или тифона) типа КН-2А применяется на всех тепловозах. Это выключатель (рис 71) с двумя пальцами 4 и скользящим контактом 6. Он рассчитан на ток 0 А при напряжении 75 В. Нажатие пальцев 10—20 Н.

На всех тепловозах установлен разъединитель батареи (ВБ) типа ГВ-22А. Он представляет собой двухполюсный рубильник, установленный на изоляционной доске и имеющий дистанционный рычажный привод. Рубильник рассчитан на ток продолжительного сжима 400 А и номинальное напряжение 75 В.

Выключатель реле заземления (ВРЗ) типа ГВ-27А установлен на тепловозе ТЭЗ. Это трехполюсный рубильник, рассчитанный на длительный ток 80 А и номинальное напряжение 250 В. На других тепловозах для реле заземления применены отключатели однополюсные типа ГВ-25А с теми же характеристиками.

На тепловозах 2ТЭ10В в качестве отключателей тяговых двигателей применены двухполюсные тумблеры типа ТВ1-2. На тепловозах ТЭЗ, ТЭМ1 и ТЭМ2 используются стандартные универсальные переключатели типа УП-5312/С86, которые имеют набор контактных элементов с общей рукояткой. При повороте рукоятки переключателя шайбы поворачиваются и замыкают те или другие электрические цепи. Такого же типа переключатель на тепловозе ТЭ10В использован для аварийного отключения дизеля (АР).

Тумблеры УП, ПКР, 44 и другие выключатели типов ТВ-2 и В1-4 применяются в качестве переключателя режимов, для отключения управления переходом на ослабленное возбуждение, управления жалюзи холодильника, муфтой вентилятора, в цепях срабатывания, для включения цепи дополнительного регулирования др. Выключатели (рис. 72) рассчитаны на 220 В и 5 А, неразбор-

ные. Так как расстояние от оси 7 до средней части склоа сектора 9 минимальное по отношению к остальным точкам склоа, то ручка 6 при повороте переходит в одно из крайних положений (под действием пружины), поворачивая сектор 9 также в одно из крайних положений. Один из контактных мостиков 11 сходит с пары неподвижных серебряных контактов 3, размыкая их, а второй замыкает другую пару контактов 3.

Автоматические воздушные выключатели (автоматы) различных серий (рис 73) используются для защиты цепей управления, освещения и вспомогательных нагрузок от чрезмерно больших токов при перегрузках и коротких замыканиях, а также для подключения и отключения различных цепей.

Выключатель А-3161 состоит из подвижного 4 и неподвижного 5 контактов, изготовленных из металлокерамического материала на основе серебра. Подвижной контакт гибким соединением связан с тепловым расцепителем, выполненным из инварстальной термобиметаллической пластины 13 со штырьком 12, удерживающим рычаг 11 взвода. Расцепитель срабатывает при выгибании биметаллической пластины 13 вниз вследствие различного удлинения инвара и стали при нагреве предельно допустимым током. Выключатель включается только при взведении механизма управления для последующего автоматического отключения при перегрузке. Чтобы взвести механизм, рукоятку управления 8 переводят вниз,

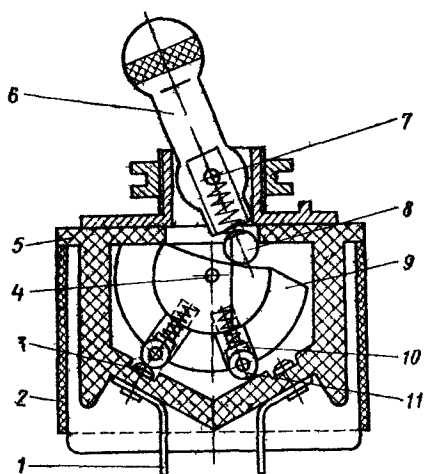


Рис. 72 Выключатель (тумблер) типа ТВ-2.

1 — вывод, 2 — кожух, 3 — контакт неподвижный, 4, 7 — оси; 5 — рамка, 6 — ручка, 8 — шарик; 9 — сектор, 10 — штырек с пружиной, 11 — контактный мостик

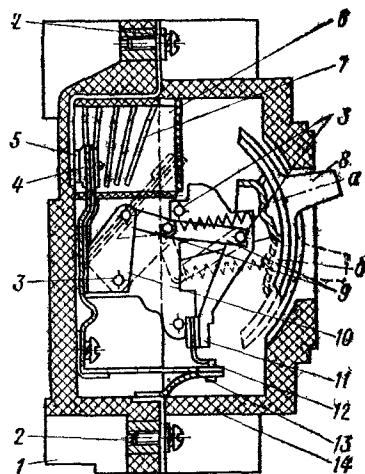


Рис. 73. Автоматический воздушный переключатель А-3161:

1 — основание, 2 — контактные зажимы; 3 — ось; 4 — подвижной контакт, 5 — неподвижный контакт; 6 — дугогасительная камера, 7 — металлические пластины; 8 — рукоятка; 9 — рычаг переключения; 10 — контактный рычаг; 11 — рычаг взвода; 12 — штырек; 13 — биметаллическая пластина расцепителя; 14 — крышка, а — взведен и включен, б — отключен вручную

в результате чего конец рычага взвода вводится под штырек расцепителя. После этого рукоятку 8 переводят вверх, вследствие чего рычаги 9 перебрасываются вверх, контактный рычаг 10 поворачивается вокруг оси 3 и подвижной контакт замыкается с неподвижным.

Неавтоматическое отключение выключателя осуществляется переводом рукоятки вниз. После автоматического отключения рукоятка занимает среднее положение. Дуга, возникающая при разрыве контактов, гасится в дугогасительной камере 6. Выключатели А-3161 имеют номинальный ток $I_n = 25$ А, напряжение 110 В (постоянный ток), ток срабатывания теплового расцепителя $1,25 I_n$, но не более $1,35 I_n$ в течение 1 ч.

Реверсор. Для изменения направления движения тепловоза путем изменения направления тока в обмотках возбуждения тяговых электродвигателей служит реверсор (ПР). Так как электродвигатели имеют последовательное возбуждение, то контактная система реверсора должна быть рассчитана на большие токи, а изоляция — на максимальное напряжение силовой цепи. Для обеспечения прохождения больших токов необходимо создать большие контактные нажатия и мощный привод. На тепловозах применена контактная система барабанного или кулачкового типа, а приводы — поршневые и диафрагменные. Поршневой привод для тепловозных реверсоров не выпускается, так как он сложнее в изготовлении и требует большего ухода в эксплуатации. На тепловозе ТЭЗ применен реверсор барабанного типа (ПР-1М) с диафрагменным пневматическим приводом.

Реверсоры включают в цепь обмоток возбуждения, а не в цепь якорей электродвигателей, так как в этом случае напряжение между контактами реверсора меньше, а следовательно, и размеры аппарата получаются также меньшими.

На тепловозах ТЭ1 и ТЭ2 установлены реверсоры типа ПР-758А-1, имеющие поршневой привод.

На тепловозах ТЭМ2 устанавливают кулачковые реверсоры типа ППК-8200. На тепловозах ТЭ10, 2ТЭ10Л и ТЭП60 применен в качестве реверсора пневматический кулачковый переключатель типа ППК-8601, на 2ТЭ116 — ППК-8064, рассчитанный на ток 1000 А. На тепловозах 2ТЭ10В в качестве реверсора используют многополюсный кулачковый переключатель типа ППК 8063, (рис. 74). Основные параметры реверсора ППК-8063 следующие:

Число пар контактов	24
Ток продолжительного режима	850 А
Напряжение максимальное	900 В
Рабочий диаметр диафрагмы	210 мм

Силовые контакты

Ширина	35 мм
Провал	3—5 »
Нажатие	300 Н
Раствор	10 мм
Число блокировочных контактов (мостиков)	4

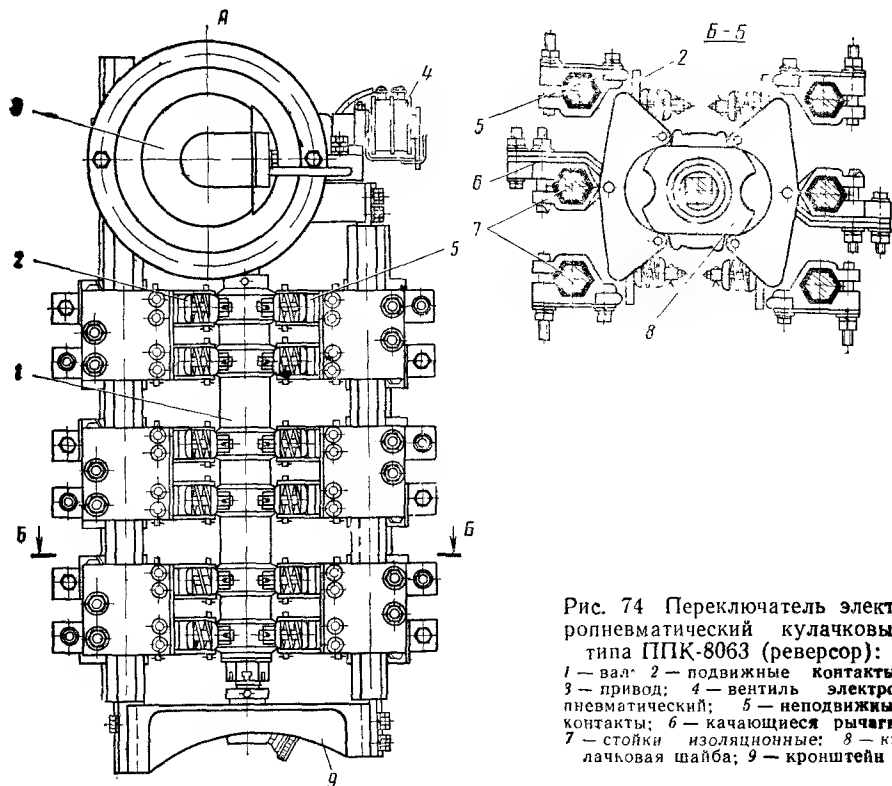


Рис. 74 Переключатель электропневматический кулачковый типа ППК-8063 (реверсор):

1 — вал; 2 — подвижные контакты; 3 — привод; 4 — вентиль электропневматический; 5 — неподвижные контакты; 6 — качающийся рычаг; 7 — стойки изоляционные; 8 — кулачковая шайба; 9 — кронштейн

Схема работы кулачкового реверсора показана на рис. 75.

Пневматический привод 3 реверсора диафрагменного типа и кронштейн 9 связаны с шестью изолированными стойками 7. К четырем стойкам крепятся неподвижные контакты 5, а к двум — подвижные 2.

Фигурные пластмассовые кулачковые шайбы 8 посажены на вал 1, который поворачивается пневматическим приводом диафрагменного типа. Привод переключателя управляется дистанционно при помощи электропневматических вентилей 4 типа ВВ-32. Переключатель имеет устройство для ручного поворота и фиксации контактов в нейтральном положении при ремонте. По числу тяговых электродвигателей переключатель имеет шесть электрических групп, каждая из которых состоит из четырех неподвижных кон-

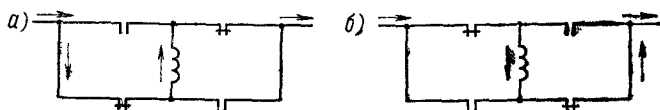


Рис. 75. Схема работы кулачкового элемента реверсора:

а — положение «Вперед»; б — положение «Назад» (стрелки показывают направление тока)

тактов, укрепленных на стойках, и подвижных, смонтированных на двух качающихся рычагах. Каждый рычаг управляется одной кулачковой шайбой 8.

Переключения в обмотках возбуждения двигателей могут осуществляться только в обесточенном состоянии.

Контакты. Аппараты с дистанционным управлением, служащие для повторного замыкания и размыкания (под током) электрических цепей, по которым протекают большие токи или которые обладают значительной индуктивностью, называются контакторами.

На тепловозах применяют контакторы с *электропневматическим* (при токах 750—850 А) и *электромагнитным* приводом (400 А). В силовых цепях устанавливают электропневматические контакторы, так как они обеспечивают достаточное нажатие и надежный контакт.

Контакторы снабжаются блокировочными контактами: *размыкающими* и *замыкающими*. Размыкающий блокировочный контакт замкнут, когда катушка контактора обесточена; замыкающий блокировочный контакт замкнут при включенном контакторе.

На тепловозах для подсоединения тяговых электродвигателей к тяговому генератору применяются электропневматические (П1—П6) поездные контакторы типов ПК-753Б-6, ПК-754 (тепловозы 2ТЭ116, 2ТЭ10Л и ТЭ10, ТЭП60, ТЭЗ и др.) и ПК-821 (ТЭМ2).

Эти контакторы отличаются друг от друга в основном параметрами.

Основными частями контактора (рис. 76) являются неподвижный контакт 4 и подвижной контакт 6, воздушный цилиндр, электропневматический вентиль 10, дугогасительная катушка 3, дугогасительная камера 5 и блокировочные контакты 8.

Контактор включается при поступлении сжатого воздуха в цилиндр, поршень которого штоком и рычагом 7 связан с подвижным контактом. Управляет работой контактора электропневматический вентиль типа ВВ-3, выпускающий и выпускающий сжатый воздух из цилиндра. Форма контак-

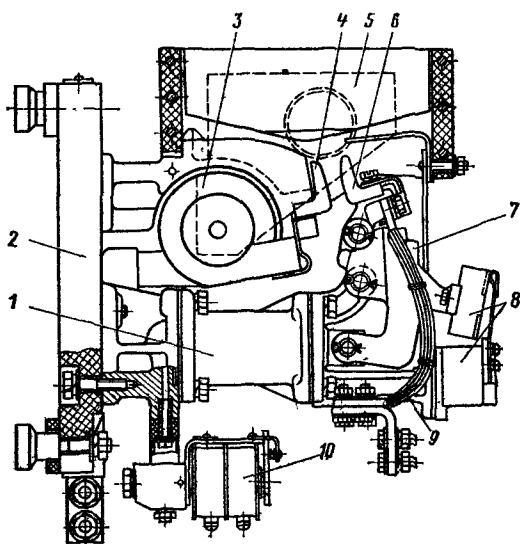


Рис. 76. Электропневматический контактор типа К-753Б-6:

1 — пневматический привод; 2 — панель; 3 — дугогасительная катушка; 4 — неподвижный контакт; 5 — дугогасительная камера; 6 — подвижной контакт; 7 — рычаг; 8 — блокировочные контакты; 9 — медный шунт; 10 — электропневматический вентиль

Рис. 77. Положение контактов при замыкании

а — положение перед замыканием,
б — момент начала замыкания *в* —
 рабочее положение *А* — разрыв
Б — провал контактов



тов такова, что при замыкании первоначально сходятся их передние концы, затем подвижной контакт перекатывается по неподвижному до прилегания задних частей. Таким образом, при замыкании происходит относительное скольжение контактных поверхностей под усилием, создаваемым пружиной. Во время размыкания происходит обратное перекатывание и последними размыкаются передние концы контактов

Последовательность положений контактов при замыкании показана на рис. 77. При такой работе контактов уменьшается их износ, предотвращается приваривание и сохраняется рабочая часть.

Контакты изготовлены из твердотянутой меди и в случае износа могут быть легко заменены. Контактёр снабжен дугогасительным и блокировочным устройством.

Блокировочное устройство позволяет осуществлять требуемые зависимости в работе схемы. Контактёр ПК-753Б-1 имеет следующие основные параметры:

Нажатие контактов (конечное) при давлении воздуха 500 кПа	550—630 Н
Раствор контактов	14,5—16,5 мм
Провал	13—15 »
Ширина контактов	45 »
Ток номинальный	830 А
Напряжение номинальное	900 В

Контактёр ПК-754 отличается от контактора ПК-753Б меньшими габаритами, которые достигнуты за счет уменьшения размеров литого основания пневматического привода. У контакторов типа ПК753-Б6 вместо кожаных манжет в пневматическом приводе используются резиновые, показавшие более надежную работу. Для смазки резиновых манжет применяется смазка ЦИАТИМ-221. Для повышения срока службы дугогасительной камеры в асбоцементных стенках помещены ситалловые вставки. Кроме того, усилено крепление силовых контактов и дугогасительной катушки.

Групповой пневматический контактор типа ПКГ-565 (ВШ1, ВШ2) применяется для шунтирования обмоток возбуждения тяговых электродвигателей на тепловозах 2ТЭ10В и др., имеющих

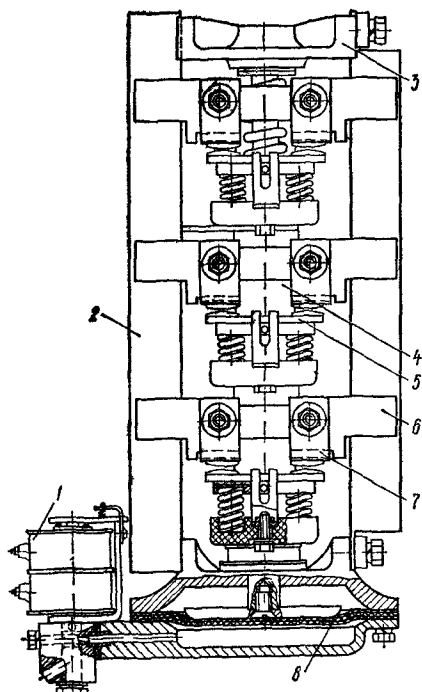


Рис. 78. Групповой контактор ПКГ-565.

1 — электропневматический вентиль 2 — контактодержатель 3 — уголок 4 — отключающая пружина 5 — неподвижный контакт 6 — подвижной контакт 7 — контактная пружина; 8 — шток; 9 — скоба; 10 — корпус привода, 11 — диафрагма 12 — крышка

большое число параллельных цепей. Этот контактор имеет диафрагменный привод, управляемый электропневматическим вентилем ВВЗ. Шток 8 привода (рис. 78) с контактодержателями 2, на которых укреплены подвижные контакты мостикового типа, перемещается и замыкает силовые контакты под воздействием пневматического привода. Неподвижные контакты 5 также укреплены на пластмассовых контактодержателях, прикрепленных к уголкам 3. Неподвижные и подвижные контакты выполнены с металлокерамическими накладками (СОМ-10М). Движение вверх контактного мостика ограничивается скобой 9, а нажатие контактов осуществляется пружинами 7.

Контакты расположены в два ряда.

Размыкание контактов происходит под действием силы тяжести подвижных частей и отключающих пружин 4 при снятии напряжения с катушки вентили 1. Блокировочные контакты мостикового типа. Металлокерамические контакты допускают нагрев до 125°C (медные до 115°C) и выполнены без дугогасительного

устройства. Исполнение контактного устройства без дугогашения в цепях шунтирующих резисторов возможно из-за небольшого падения напряжения на обмотках возбуждения тяговых электродвигателей (до 20 В). Основные параметры контактора типа ПКГ-565 следующие:

Число силовых контактов	6
Ток номинальный	450 А
Напряжение номинальное	900 В
Напряжение между контактами	20 В

Электромагнитные контакторы. Привод контакторов выполнен в виде электромагнита с подвижным якорем. При протекании тока по катушке электромагнита якорь под действием магнитного поля, создаваемого катушкой, притягивается к сердечнику, вследствие чего подвижной контакт прижимается к неподвижному.

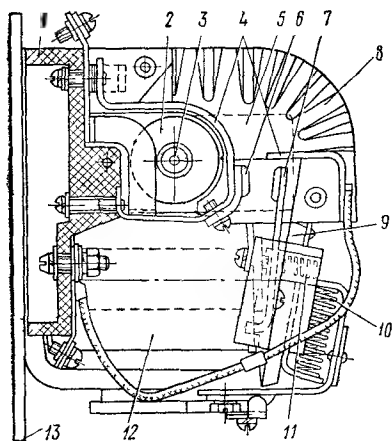


Рис. 79. Электромагнитный контактор типа ТКПМ-111

1 — основание изоляционное; 2 — дугогасительная катушка; 3 — сердечник; 4 — дугогасительные рога; 5 — полюс; 6 — неподвижный контакт; 7 — подвижной контакт; 8 — дугогасительная камера; 9 — якорь; 10 — пружина; 11 — притирающая пружина; 12 — катушка с сердечником; 13 — планка

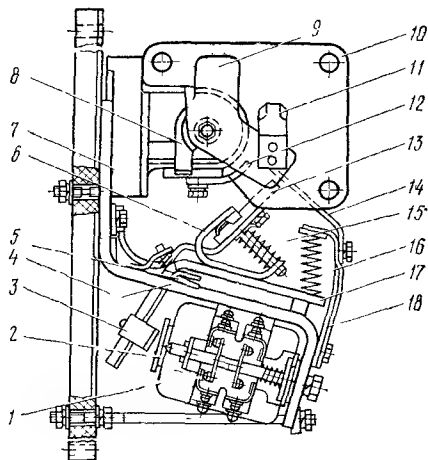


Рис. 80. Контактор КПВ-604:

1 — катушка; 2 — сердечник; 3 — нажимная пластина; 4, 6 — скобы; 5 — призма; 7 — основание; 8 — дугогасительная катушка; 9 — полюс; 10 — дугогасительная камера; 11 — пружина плоская; 12 — неподвижный контакт; 13 — подвижной контакт; 14 — дугогасительный рог; 15 — притирающая пружина; 16 — возвратная пружина; 17 — якорь; 18 — блокировочные контакты

Электромагнитный контактор типа ТКПМ-111 (рис. 79) смонтирован на планке 13. При прохождении тока по катушке 12 якорь 9 притягивается (поворачиваясь на ребре), преодолевая усилие пружины 10 и замыкая неподвижный контакт 6 с подвижным 7. Контактор снабжен дугогасительной катушкой 2 и камерой 8. Для обеспечения надежного контакта между силовыми контактами контактора во время его включения пружинной 11 создается притирание. Силовые контакты контактора снабжены металло-керамическими накладками, повышающими коммутационную износостойкость.

Контакторы ТКПМ-121 отличаются от контакторов ТКПМ-111 тем, что они имеют две пары силовых контактов. На основании с правой стороны контактора установлен второй неподвижный контакт и дугогасительное устройство.

Электромагнитный контактор КПВ-604 (рис. 80) собран на основной скобе 4 магнитопровода. На нижнем конце скобы закреплена втягивающая катушка 1 с сердечником 2 и якорь 17. Якорь вставлен в прорезь скобы и двумя пружинами прижимается к ее призме 5. На верхнем конце скобы закреплено пластмассовое основание 7 с дугогасительным устройством и неподвижным контактом 12.

При подаче напряжения на катушку к ее сердечнику притягивается якорь, на котором закреплена скоба 6, несущая подвижной контакт 13. Четыре блокировочных контакта 18 мостикового типа

расположены справа и слева от катушки. Для переключения их к якору контактора прикреплена нажимная пластина 3. Чтобы не повредить корпус блокировочных контактов, необходимо следить, чтобы при включении нажимная пластина не ударяла по корпусу, а traversa с подвижными контактами имела свободный ход около 1 мм.

Технические характеристики электромагнитных контакторов приведены в табл. 9. Наиболее распространенная неисправность электромагнитных контакторов (особенно контакторов типа КПМ-220) — подгар контактов.

Таблица 9

Параметры	Значение параметров контакторов					
	КПД 45Б 1	КПВ-604	КПМ-220	КПВ-504	ТКПМ-111	КПМ-121
Ток продолжительный, А	400	250	80	300	80	120
Раствор, мм	17—18	20	8—10	15	8	14
Провал, мм	5,5	4	5—7	4,2	4	4
Нажатие конечное, Н	73	60	16	70	7	7

Контакторы КПД 45Б-1 и КПМ-220 установлены на тепловозах ТЭЗ и ТЭМ1, КПВ-604 — на ТЭМ2; ТЭП60, 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В, 2ТЭ116, КПВ-504 — на ТЭЗ, ТЭМ1 и ТЭП60, ТКПМ-111 — на ТЭМ2, ТЭ10, ТЭП60; 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В, 2ТЭ116, КПМ-121 — на тепловозах 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В, ТЭ10 и 2ТЭ116.

Электропневматические вентили. Управление впуском сжатого воздуха в пневматический цилиндр привода и выпуском этого воздуха в атмосферу осуществляется электропневматическими вентилями. Вентили устанавливаются на приводах реверсора (ПР) и электропневматических контакторов (П1—П6) и др.

На рис. 81 представлен электропневматический вентиль типа ВВ32, имеющий электромагнитный привод плунжерного типа с цилиндрическим якорем. Магнитная система состоит из скобы, якоря 3 и сердечника 5. Направляющая гильза 2 выполнена из немагнитного материала. При возбуждении катушки 4 якорь притягивается к сердечнику, преодолевая сопротивление восстановительной пружины 8. При этом клапан 7 открывает нижнее отверстие, по которому в цилиндр поступает из воздушного резервуара сжатый воздух. Выпускной клапан 6 закрывает верхнее отверстие для выхода воздуха из цилиндра аппарата в атмосферу.

Вентиль снабжен кнопкой для ручной проверки его работы. Катушка вентиля залита эпоксидным компаундом, который образует вокруг обмотки твердый слой, являющийся одновременно и изоляцией, и каркасом. Вентили типов ВВ-1 и ВВ-3 имеют электромагнитный привод клапанного типа; их катушки намотаны на каркасах.

Таблица 10

Параметры	Значение параметров вентиля		
	ВВ1	ВВ32	ВВ3
Номинальное давление, кПа	500	500	500
Ход клапана, мм	$0,9 \pm 0,05$	$1 \pm 0,05$	$0,9 \pm 0,05$
Площадь воздушных отверстий, мм ² :			
впускного	8	8	8
выпускного	9	14	19
Сопротивление катушки при 20° С, Ом	790	375	215
Диаметр провода (голого), мм	0,18	0,25	0,28
Число витков	12 000	6500	6500
Марка провода	ПЭЛ	ПЭЛ	ПЭЛ

Техническая характеристика вентиля тепловозов приведена в табл. 10.

Вентили типа ВВ1 установлены на электропневматическом механизме привода регулятора частоты вращения дизеля, на ускорителе пуска дизеля и отключателе ряда топливных насосов. Вентили типа ВВ32 установлены на реверсоре, а вентили ВВ3 применены в механизме привода жалюзи, на клапане муфты вентилятора холодильника, на электропневматическом контакторе и клапанах песочницы.

На тепловозах 2ТЭ10В, ТЭ10, ТЭП60, 2ТЭ116 и др. привод регулятора частоты вращения осуществляется электромагнитами

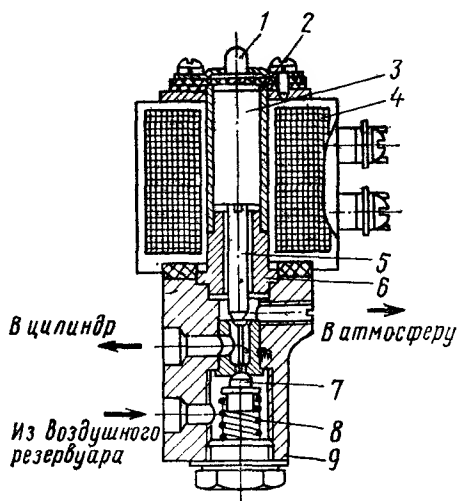


Рис. 81. Электропневматический вентиль ВВ32:

1 — кнопка; 2 — гильза; 3 — якорь; 4 — катушка; 5 — сердечник; 6 — выпускной клапан; 7 — впускной клапан; 8 — пружина; 9 — корпус

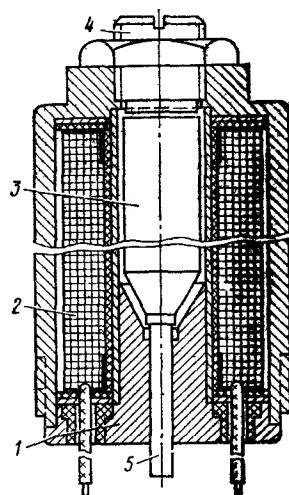


Рис. 82. Тяговый электромагнит ЭТ-52:

1 — сердечник; 2 — катушка; 3 — якорь; 4 — винт; 5 — шток

типов ЭТ-54 и ЭТ-52 (МР-1 — МР-4). По конструкции электромагниты аналогичны.

Тяговый электромагнит ЭТ-52 (рис. 82) закрытого типа. При прохождении тока по катушке 2 якорь 3 притягивается к сердечнику 1 и перемещает шток 5. Регулировка хода осуществляется винтом 4; наибольший ход равен 2,5 мм. Ток срабатывания 0,12 А.

Электропневматический механизм регулятора частоты вращения вала дизеля и узел, регулирующий мощность тягового генератора. Объединенный регулятор (рис. 83) дизеля состоит из трех частей: собственно регулятора, регулирующего частоту вращения вала дизеля; механизма (приставки), регулирующего мощность генератора; узла, задающего частоту вращения вала дизеля через контроллер машиниста.

Шток 6 приставки жестко связан с силовым поршнем регулятора частоты вращения, а левая часть рычага 3 — с поршнем затяжки пружины регулятора и электромагнитов (типа ЭТ-52) контроллера машиниста. Нарушение равновесного состояния силовой установки тепловоза может произойти из-за изменения внешней нагрузки и изменения положения контроллера машиниста, а следовательно, и его мощности.

Рассмотрим работу механизма при уменьшении внешней нагрузки дизеля и неизменном положении контроллера. В этом случае дизель необходимо догрузить. При увеличении частоты вращения вала дизеля шток 6 силового поршня пойдет вниз и передвинет шток 2 золотника вниз. В результате масло компенсационных ци-

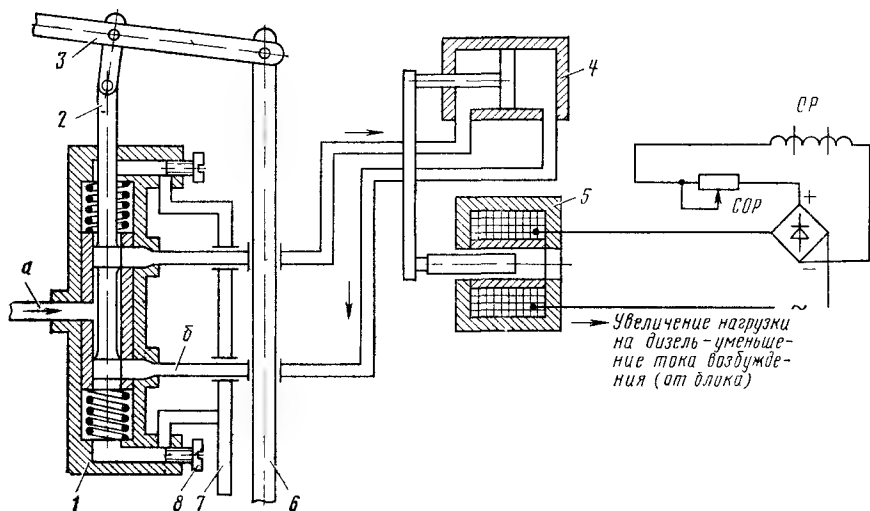


Рис. 83. Схема объединенного регулирования дизеля и генератора с использованием регулировочной обмотки:

1 — цилиндр золотника, 2 — шток золотника, 3 — рычаг; 4 — цилиндр серводвигателя; 5 — индуктивный датчик; 6 — шток силового поршня серводвигателя, 7 — сливная труба; 8 — регулировочный винт

линдров из канала *а* пойдет по каналу *б* в цилиндр 4 серводвигателя и передвинет сердечник индуктивного датчика 5 влево, что увеличит мощность генератора. Если внешняя нагрузка дизеля увеличится, то таким же путем механизм уменьшит нагрузку дизеля.

При изменении положения контроллера в сторону увеличения частоты вращения, а следовательно, и мощности дизеля левый конец рычага 3 опустится, и процесс регулирования будет аналогичен вышеописанному.

Реле управления. Реле управления предназначены для включения и выключения отдельных цепей управления и изменения параметров цепи (регулировки) (*PY1, PY3 — PY8, PY9*).

На тепловозах применяют реле управления типа Р-45М. Имеются различные модификации этого реле в зависимости от числа и типа контактов. Реле исполняют с двумя видами контактов — пальцевыми и мостиковыми.

Якорь 5 (рис. 84) реле свободно качается на кронштейне 6. Когда катушка 3 обесточена, пружина 8 отжимает якорь от сердечника 4, при этом контакты размыкаются. Когда катушку обтекает ток, якорь притягивается к сердечнику, преодолевая сопротивление пружины, при этом контакты реле замыкаются. Реле Р-45М имеет следующую характеристику:

	Контакты пальце- вого типа	Контакты мостико- вого типа
Ток продолжительного режима	10 А	2 А
Раствор	7,5 мм	4—6 мм
Провал	3 »	2—3 »
Нажатие	27—33 Н	11—13 Н
Номинальное напряжение катушки	75 В	

Реле регулируют на необходимое значение тока срабатывания изменением затяжки пружины.

На ряде тепловозов применили вместо описанных выше реле управления электромагнитные реле постоянного тока типа РМ4 многократного действия, выполненные на штепсельных разъемах. Реле имеет четыре размыкающих и четыре замыкающих контактов, рассчитанных на 110 В и 0,6 А. Катушка реле рассчитана на напряжение 24—110 В. Как показала практика, эти реле работают неудовлетворительно.

Взамен реле управления Р45 на тепловозах устанавливают реле типа ТРПУ-1. Питание его может осуществляться постоянным током напряжением 24, 75 и 110 В; допустимый ток продолжительного режима контактов реле 6 А. Реле ТРПУ-1 выпускают с шестью замыкающими и двумя размыкающими контактами и четырьмя замыкающими и четырьмя размыкающими. Реле устойчиво работает при резких колебаниях температуры. Масса реле 0,6 кг, срок службы 25 лет.

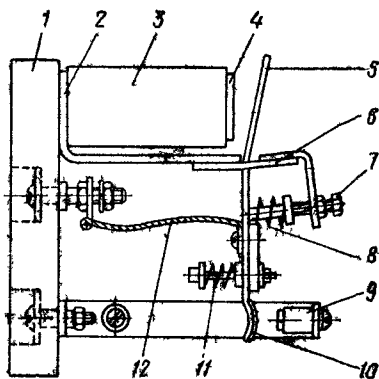


Рис. 84. Реле управления:

1 — панель, 2 — основание, 3 — катушка; 4 — сердечник; 5 — якорь; 6 — кронштейн; 7 — регулировочный винт; 8, 11 — пружины; 9 — неподвижный контакт; 10 — подвижной пальцевый контакт, 12 — шунт медный

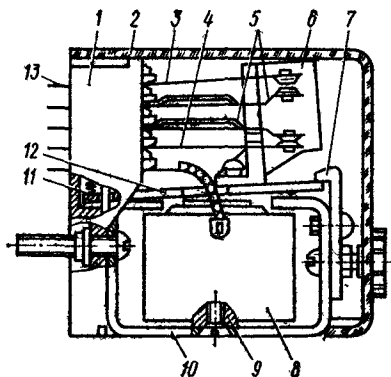


Рис. 85. Промежуточное реле ТРПУ-1:

1 — пластмассовый корпус; 2 — катушка; 3, 4 — подвижные пластины замыкающего и размыкающего контактов; 5 — неподвижные пластины контактов; 6 — traversa; 7 — угольник; 8 — катушка; 9 — сердечник; 10 — скоба; 11 — пружина; 12 — якорь; 13 — контакты

Электромагнитное реле ТРПУ-1 (рис. 85) состоит из скобы (магнитопровода) 10, катушки 8 с сердечником 9, якоря 12, замыкающих и размыкающих контактов. При прохождении тока по катушке якорь притягивается к сердечнику, и через traversu 6 происходит замыкание или размыкание контактов. После снятия напряжения пружина 11 устанавливает якорь в исходное положение, при этом замыкающие контакты размыкаются, а размыкающие замыкаются. Ход якоря ограничивается угольником 7. Контакты реле имеют серебряные наплавки.

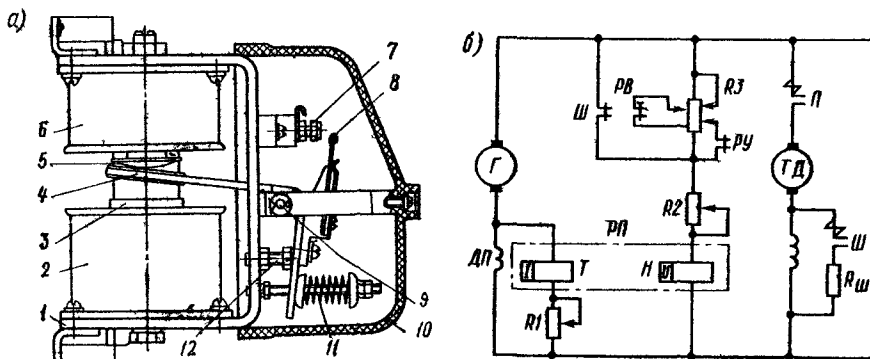


Рис. 86. Реле перехода:

а — конструкция; б — схема включения, 1 — ядро; 2 — катушка напряжения; 3, 5 — сердечники; 4 — якорь; 6 — токовая катушка; 7 — неподвижные контакты; 8 — подвижные контакты; 9 — ось; 10 — кожух; 11 — пружина; 12 — регулировочный винт; Г — генератор. ДП — тяговый электродвигатель; ДП — обмотка дополнительных полюсов генератора; Т — токовая катушка реле перехода; Н — катушка напряжения; РВ — контакты реле времени; РУ — контакт реле управления; Ш — контакты контактора ослабления возбуждения; Рш — резистор ослабления возбуждения; R1, R2 — добавочные резисторы

Реле перехода. Реле перехода (*РП1, РП2*) предназначено для автоматического изменения схемы соединения тяговых электродвигателей, а также включения и выключения контакторов ослабления возбуждения в зависимости от скорости движения теплового.

На тепловозах применяется электромагнитное дифференциальное реле РД-3010 (рис. 86). На ярме 1 реле П-образной формы укреплены катушки с сердечниками — токовая 6 и напряжения 2. Якорь 4 Г-образной формы поворачивается на оси 9. При обесточенных катушках якорь прижимается пружиной 11 к упорному винту 12. Неподвижные контакты 7 реле установлены на изоляционной колодке, а подвижные 8 — на якоре. Реле имеет один замыкающий контакт с двойным разрывом. Раствор контактов регулируют перемещением неподвижных контактов, а совпадение центров замыкающихся поверхностей — перемещением подвижных контактов на контактодержателе. Контактная система закрыта кожухом 10. Реле перехода РД-3010 имеет следующую техническую характеристику.

Раствор контактов	2,0—3 мм
Нажатие контактов	не менее 4 Н
Число витков катушки:	
токовой	550
напряжения	1000
Марка и диаметр провода катушки:	
токовой	ПЭВ, 1,0 мм
напряжения	ПЭВ; 0,29 »
Сопrotивление при 20° С катушки:	
токовой	1,67 Ом
напряжения	260 »

Реле перехода имеет катушку напряжения *H*, которая через добавочные резисторы включается на напряжение тягового генератора, так что ток в ней пропорционален напряжению тягового генератора, и токовую катушку *T*, которая последовательно с добавочным резистором подключается параллельно обмотке добавочных полюсов генератора, т. е. ток в ней пропорционален току тягового генератора (рис. 86, б).

Реле срабатывает под воздействием электромагнитного усилия, создаваемого катушкой напряжения, которому противодействует усилие токовой катушки и пружины.

Катушка напряжения при возрастании тока в ней (напряжения генератора) вызывает срабатывание реле, а токовая катушка при возрастании тока в ней (тока тягового генератора) вызывает отпадение реле. Благодаря этому характеристики реле перехода имеют вид, показанный на рис. 87. На этом рисунке характеристики реле нанесены на внешние характеристики тягового генератора, поскольку срабатывание и отпадение реле происходят в зависимости от отношения напряжения и тока генератора.

Верхняя характеристика (рис. 87, а) является характеристикой срабатывания, т. е. в любой ее точке реле срабатывает и остается

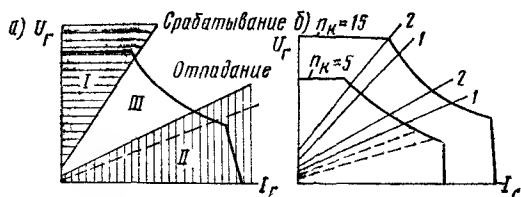


Рис. 87. Характеристики реле перехода:

а — зоны срабатывания и отпадания; б — переход на ступени ослабления возбуждения; U_g — напряжение генератора; I_g — ток генератора; 1 — срабатывание и отпадание реле при первой ступени ослабления возбуждения; 2 — то же при второй ступени ослабления возбуждения

включенным до тех пор, пока не будет достигнута нижняя характеристика — отпадания. Таким образом, в зоне I реле всегда включено, в зоне II реле всегда выключено, а в зоне III, расположенной между характеристиками, реле может быть и включено, и выключено в зависимости от того, в какой зоне (I или II) на внешней характеристике работала электропередача до этого. Как видно из рис. 87, б, срабатывание реле (включение ослабления возбуждения, переключение электродвигателей) происходит тогда, когда напряжение генератора приближается к максимальному значению. В результате включения ослабления возбуждения (переключения двигателей) ток генератора скачком увеличивается вдоль гиперболической характеристики.

Схема должна быть настроена так, чтобы при возрастании тока не была достигнута характеристика отпадания. В противном случае реле вновь отпадет, что приведет к обратному уменьшению тока до исходного значения и вызовет повторное срабатывание реле и т. д. Возникает так называемый *звонковой режим*, когда реле перехода и управляемые им контакторы включаются и выключаются с большой частотой. Этот режим является недопустимым, поскольку нарушается нормальная работа электропередачи и обгорают контакты реле перехода и управляемых ими контакторов. Наклонные характеристики 1, 2 реле перехода позволяют удобно управлять переходом не только при крайнем положении рукоятки контроллера машиниста, но и на целой группе низших позиций. Однако на низших позициях опасность возникновения звонковой работы возрастает, поскольку интервал между характеристиками срабатывания и отпадания реле уменьшается. Чтобы избежать звонковой работы, обычно применяют на низших позициях сдвиг характеристики отпадания реле в новое положение, показанное пунктиром на рис. 87, а и б. Кроме того, встречаются случаи, когда звонковая работа возникает из-за того, что при включении ослабления возбуждения или переключении электродвигателей ток в переходном процессе возрастает больше, чем это определяется по параметрам электрической цепи, т. е. происходит «заброс» тока. В процессе заброса реле может отпасть, что приведет к звонковой работе. Это явление наблюдается не только на низших позициях, но и при крайнем положении рукоятки контроллера машиниста. Чтобы избежать возникновения звонковой работы, требуется временно отодвинуть характеристику отпадания реле перехода на период заброса тока генератора (штриховые линии на рисунке).

Регулирование реле перехода, управляющего ослаблением возбуждения на тепловозе, производится с помощью резисторов в цепи токовой катушки $R1$ и в цепи катушки напряжения $R2+R3$ (см. рис. 86). Резистор $R2$ называется резистором срабатывания: когда реле и контактор $Ш$ выключены, резистор $R3$ закорочен блокировочным контактом контактора $Ш$. Значение сопротивления резистора $R2$ определяет положение характеристики срабатывания реле перехода.

После включения ступени ослабления возбуждения в цепи катушки напряжения оказывается введенным полное сопротивление $R2+R3$; резистор $R3$ называется резистором отпадания. Регулируя его значение, определяют положение характеристики отпадания, не изменяя положения характеристики срабатывания. На низших позициях часть резистора отпадания закорачивается контактом реле $PУ$. Благодаря этому на низших позициях характеристика отпадания оказывается отодвинутой (см. рис. 87, б).

Если необходимо отодвинуть характеристику отпадания временно в случае заброса тока при включении ослабления возбуждения, часть резистора $R3$ закорачивается контактом реле времени $PВ$ (например, в схеме тепловозов ТЭ2 и ТЭ1). Это реле получает питание одновременно с контактором ослабления возбуждения $Ш$. После того как реле включится с выдержкой времени, зашунтированная его контактом часть резистора $R3$ вводится вновь и характеристика отпадания возвращается в нормальное положение, которое определяет точку отпадания реле на данной позиции контроллера машиниста.

На тепловозах ТЭ3, 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В, 2ТЭ116 и др. устанавливают два реле перехода, которые управляют включением и отключением первой и второй ступеней ослабления возбуждения ($ОП1$ и $ОП2$).

Характеристику первого и второго реле настраивают таким образом, чтобы они были несколько сдвинуты одна относительно другой (см. рис. 87, б). Благодаря этому вначале срабатывает реле первой ступени. Реле второй ступени включается после того, как напряжение генератора вновь поднимается по гиперболической характеристике при разгоне тепловоза с поездом. Аналогично первым отпадает реле второй ступени. Реле первой ступени отпадает после того, как напряжение генератора вновь понизится по гиперболической характеристике при замедлении тепловоза с поездом.

На стенде *регулировку* реле переходов проверяют двумя амперметрами, которыми фиксируют токи в катушках в момент включения и выключения реле. В небольших пределах токи включения и выключения могут регулироваться изменением затяжки пружины. Контакты реле замыкаются при обесточенной катушке T и токе в катушке H ; при токе в катушке T , равном 1 А, и в катушке H 0,15—0,165 А. Контакты реле замыкаются при обесточенной катушке T и токе в катушке H 0,022—0,032 А и при токе в катушке T , равном 1,3 А, а в катушке H — 0,052—0,065 А.

Практически на тепловозе работу реле проверяют следующим образом. К зажимам тягового генератора присоединяют вольтметр, а в цепь генератора включают амперметр. В этом случае токи, при которых происходят переключения силовой цепи, регулируют изменением сопротивлений в цепях токовой катушки и катушки напряжения. При увеличении сопротивления в цепи токовой катушки токи генератора, при которых включается и отключается реле, возрастают; при уменьшении данного сопротивления токи снижаются. Если увеличить сопротивление в цепи катушки напряжения, то включение и отключение реле будут происходить при меньших токах генератора, и, наоборот, если уменьшить сопротивление, то реле будет срабатывать при больших токах генератора.

Реле времени (РВ1, РВ2). На тепловозах для управления работой маслопрокачивающего насоса дизеля и для ограничения по времени прокрутки вала дизеля при пуске применяется электропневматическое реле времени (рис 88) типа РВП. Это же реле находит применение на тепловозе ТЭМ2 для управления переходом на ослабленное возбуждение. Основные параметры реле времени РВП следующие.

Контакты.	
с выдержкой времени	1 замыкающий, 1 размыкающий
без выдержки времени	То же
Ток продолжительный контактов	3 А
Разрываемая мощность контактов	80 Вт
Выдержка времени	0,4—180с

Конструктивно реле (рис. 88, а и б) состоит из магнитопровода 17, катушки 1, якоря 2, пневматической камеры 8, нижней 3 и верхней 5 подвижных систем и двух микропереключателей 16 и 18 типа МП1 с серебряными контактами. При включении реле якорь 2 опускает нижнюю подвижную систему 3, рычаг 19 поворачивается и освобождает штифт нижнего микропереключателя 18 мгновенного действия, чем обеспечивает его включение за счет пружины 20.

Верхняя подвижная система реле времени под действием пружины 6 и собственного веса будет опускаться медленно, так как при опускании в пневматической камере 8 над диафрагмой 7, соединенной с верхней подвижной системой, будет создаваться разрежение. Это разрежение компенсируется за счет поступления воздуха через отверстия 11, 12 и суконный фильтр 10. Скорость поступления воздуха и скорость опускания верхней подвижной системы будут зависеть от размера входного (дрессельного) отверстия 12. Скорость регулируется иглой 13 поворотом регулировочной гайки 14.

На большинстве тепловозов выдержка времени устанавливается 55—60 с. В конце своего перемещения верхняя подвижная си-

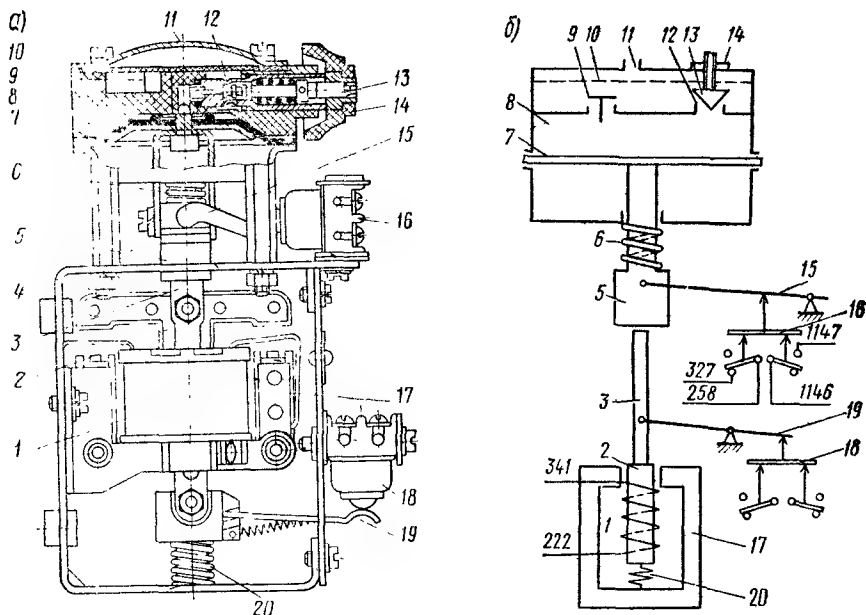


Рис. 88. Электропневматическое реле времени типа РВП:

а — продольный разрез; *б* — схема; 1 — катушка реле; 2 — якорь; 3 — нижняя подвижная система; 4 — скоба; 5 — верхняя подвижная система; 6 — пружина для опускания верхней подвижной системы; 7 — диафрагма; 8 — пневматическая камера; 9 — клапан для выпуска воздуха из пневматической камеры; 10 — суконный фильтр; 11 — атмосферное отверстие; 12 — входное (дрессельное) отверстие пневматической камеры; 13 — игла для регулирования сечения входного отверстия; 14 — регулировочная гайка; 15 — рычаг управления верхним микропереключателем; 16 — микропереключатель с выдержкой времени; 17 — магнитопровод; 18 — микропереключатель (без выдержки времени — «мгновенного действия»); 19 — рычаг управления нижним переключателем; 20 — возвратная пружина

стема рычагом 15 нажимает на штифт микропереключателя 16, и контакты замыкаются, соединяя соответствующие цепи¹.

После прекращения питания катушки реле времени верхняя и нижняя подвижные системы под действием возвратной пружины 20 перемещаются в крайнее верхнее положение. Воздух из полости над диафрагмой будет выходить через клапан 9 и суконный фильтр 10. Контакты микропереключателей займут свое исходное положение.

В эксплуатации возможно засорение дрессельного отверстия реле, что приводит к самопроизвольному изменению выдержки времени. Электромагнитные реле времени работают надежно.

Реле времени (РВЗ, РВ5). Электромагнитное реле типа РЭВ-812 с выдержкой времени при размыкании (рис. 89, *а*) установлено на тепловозах 2ТЭ10В, 2ТЭ10Л, 2ТЭ116 и др.

При обесточивании катушки вследствие изменения магнитного поля появляются индукционные токи в медной гильзе 11 и алюми-

¹ Номера проводов здесь и далее даны по электрической схеме тепловоза 2ТЭ10В (см. вкладку рис. 152).

иневом короткозамкнутом витке 10 (съемный демпфер), которые задерживают уменьшение поля и тем самым увеличивают время отпадания якоря.

Выдержка времени регулируется подбором толщины немагнитных прокладок 4 (грубая регулировка) и изменением натяжения возвратной пружины 6 (точная регулировка). Увеличение толщины прокладок и затяжки пружины уменьшает выдержку времени реле при размыкании. Пределы регулировки выдержки времени 0,8—2,5 с. Катушка реле имеет 6750 витков из провода марки ПЭЛ диаметром 0,19 мм; сопротивление ее 644 Ом.

Электромагнитное реле типа РЭ-515 используется в цепях с выдержкой времени не более 2 с на тепловозах ТЭМ2, ТЭЗ в цепях реле перехода (РВ1 и РВ2). Принцип действия его такой же, как и реле РЭВ-812.

Полупроводниковое реле времени типа ВЛ21 (РВ1). При подаче напряжения на зажимы реле «есть» (рис. 89, б) срабатывает электромагнитное реле *Р2* и создает размыкающими блокировочными контактами цепь заряда конденсатора *С* через высокоомный резистор *Р*. Вследствие этого потенциал точки *а* повышается, и когда он превысит потенциал точки *б*, то через диод *Д* потечет ток и начнется заряд конденсатора *С1*.

При определенном значении напряжения на конденсаторе, которое суммируется с импульсами, посылаемыми от генератора импульсов *ГИ*, произойдет срабатывание чувствительного триггера *Т*, и проходящий через него ток включит электромагнитное реле *Р3*. Замыкающие контакты реле *Р3* создадут цепь питания катушки электромагнитного реле *Р1*. Полупроводниковое реле имеет по одному замыкающему и одному размыкающему контакту мгновенного действия и по одному размыкающему и замыкающему контакту с выдержкой времени, управляемому реле *Р1*.

Выдержка времени обеспечивается параметрами *RC* цепи и опорного диода *Д*.

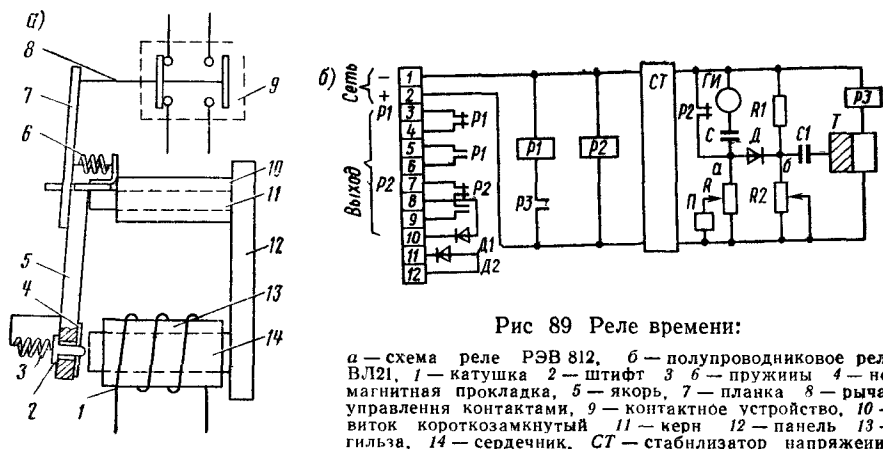


Рис 89 Реле времени:

а — схема реле РЭВ 812, б — полупроводниковое реле ВЛ21, 1 — катушка 2 — штифт 3 — пружины 4 — немагнитная прокладка, 5 — якорь, 7 — планка 8 — рычаг управления контактами, 9 — контактное устройство, 10 — виток короткозамкнутый 11 — керн 12 — панель 13 — гильза, 14 — сердечник, СТ — стабилизатор напряжения

17. АППАРАТЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Магнитные усилители и трансформаторы. Трансформатор постоянного тока (*ТПТ*) измеряет ток тяговых электродвигателей. Трансформатор типа ТПТ-10 (рис. 90) представляет собой два тороидальных сердечника из железоникелевого сплава. Рабочая обмотка состоит из двух частей, расположенных на каждом из сердечников и соединенных между собой последовательно и встречно. Управляющей обмоткой являются два кабеля силовой цепи, проходящих через центральное отверстие трансформатора. Трансформатор постоянного тока ТПТ-10 имеет следующую техническую характеристику:

Максимальный (измерительный) ток	2390 А
Напряжение питания рабочей цепи	15—50 В
Частота питания рабочей цепи	45—133 Гц
Ток продолжительного режима	2,6 А
Соппротивление цепи нагрузки	6 Ом
Число витков рабочей обмотки	680×2
Марка и диаметр провода	ПЭВ-2; 0,8 мм

Трансформатор постоянного напряжения (*ТПН*) типа ТПН-3А обеспечивает обратную связь по напряжению тягового генератора. Сигнал от ТПН поступает в управляющую обмотку амплитата.

Намотка рабочих обмоток и конструкция сердечников (рис. 91) такая же, как у *ТПТ*. Управляющая обмотка охватывает оба сердечника. Сердечники *ТПТ* и *ТПН* с обмотками и шпильками залиты эпоксидным компаундом.

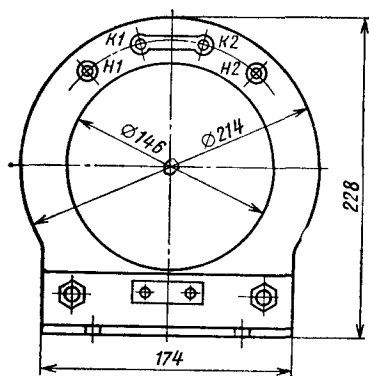


Рис. 90. Общий вид трансформатора постоянного тока:
H1-K1, H2-K2 — зажимы рабочей обмотки

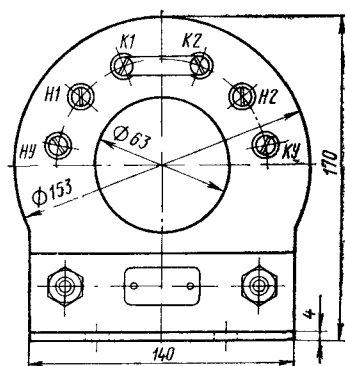


Рис. 91. Общий вид трансформатора постоянного напряжения:
H1-K1, H2-K2 — зажимы рабочей обмотки;
H3, K3 — зажимы управляющей обмотки

Основные параметры трансформатора постоянного напряжения (ТПН-3А) следующие:

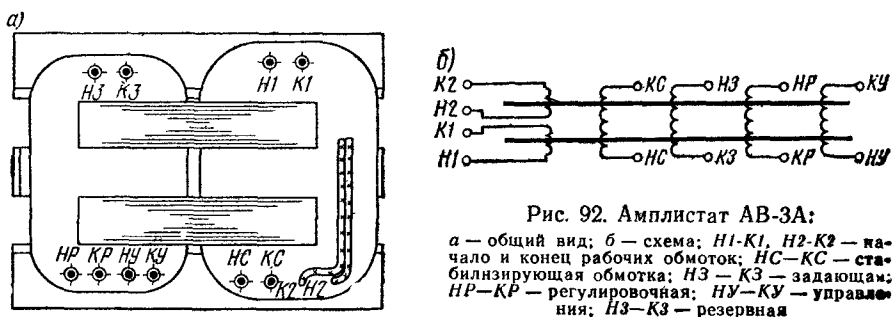
Максимальное напряжение	750 В
Напряжение питания рабочей цепи	30 »
Частота питания рабочей цепи	133 Гц
Ток рабочей цепи продолжительного режима	2,5 А
Ток цепи управления продолжительного режима	1,6 »
Сопrotивление в цепи управления	500 Ом
Сопrotивление нагрузки	5 »
Число витков рабочей и управляющей обмотки	260×2 и 420
Марка и диаметр провода	ПЭВ-2; 1 мм

Трансформатор стабилизирующий (СТР) типа ТС-2 служит для устранения незатухающих колебаний узла возбуждения при резких изменениях нагрузки. Первичная обмотка, включенная на напряжение возбудителя, намотана из провода ПЭВ-2 диаметром 1 мм и имеет 1900 витков. Вторичная обмотка питает стабилизирующую обмотку амплитата; она выполнена из провода ПЭВ-2 диаметром 1,68 мм и имеет 1000 витков. Трансформатор СТР работает только во время переходных процессов в схеме. При резком нарастании напряжения возбудителя стабилизирующая обмотка создает отрицательную м.д.с., в результате чего скорость нарастания напряжения уменьшается и работа схемы становится устойчивой.

Трансформатор распределительный (ТР) типа ТР-5 служит для питания цепей переменного тока: трансформаторов постоянного тока, постоянного напряжения, амплитата возбуждения и индуктивного датчика. Трансформатор броневого типа, катушка бескаркасная, залита эпоксидным компаундом на базе эпоксидной смолы. Техническая характеристика трансформатора ТР приведена в табл. 11.

Таблица 11

Обмотка	Маркировка	Число витков	Диаметр провода, мм	Номинальное напряжение при номинальной нагрузке, В	Номинальный ток, А
Первичная Автотрансформаторная	<i>H1—K1</i>	77	1,95	100	Не более 11
	<i>H1—O1</i>	47	1,95	60±2	8,5
	<i>H1—O2</i>	40	1,95	50±2	8,5
Вторичная	<i>H2—K2</i>	40	1,08	50±2	2,1
	<i>H3—K3</i>	40	1,08	50±2	2,1
	<i>H4—K4</i>	40	1,08	50±2	2,1
	<i>H5—K5</i>	24	1,08	30±2	3



Амплистат возбуждения (АВ) предназначен для регулирования тока возбуждения возбудителя В. Он представляет собой магнитный усилитель с внутренней обратной связью. Амплистат типа АВ-ЗА имеет следующую техническую характеристику:

Напряжение питания (эффективное)	60 В
» максимальное (выхода), не менее	35 »
Ток минимальный (выхода), не более	0,5 А
Ток продолжительного режима	8,5 »
Частота тока питания	133 Гц
Сопротивление нагрузки	6 Ом

Амплистат (рис. 92) состоит из двух магнитопроводов, на которых расположено по одной рабочей обмотке (обмотки переменного тока). Обмотки подмагничивания — управляющая, задающая, регулировочная, стабилизирующая — охватывают оба магнитопровода.

Полупроводниковые элементы. Основными бесконтактными элементами, применяемыми в системе управления и регулирования, являются диоды, стабилитроны, транзисторы (триоды), управляемые вентили (тиристоры) и магнитные усилители.

Диод (вентиль) является проводником для прямого направления тока и не пропускает ток обратного направления.

В основе принципа работы стабилитрона лежит пробой p - n электронно-дырочного перехода, происходящий под действием обратного напряжения (приложенного к переходу). Вольт-амперная характеристика стабилитрона (рис. 93) показывает, что стабилитрон может проводить ток в обоих направлениях (прямом и обратном). Прямая ветвь характеристики стабилитрона обычно является нерабочей, но в ряде случаев может быть использована (например, в цепях температурной компенсации).

Участок обратной ветви вольт-амперной характеристики с высокой проводимостью является основным, рабочим участком стабилитрона. При обратном включении стабилитрона его сопротивление велико (несколько миллионов омов), но если в этом направлении приложить напряжение, равное напряжению пробоя данного

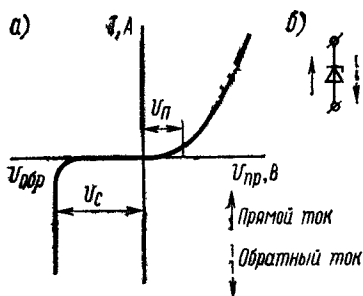


Рис. 93. Стабилитрон:

а — вольт-амперная характеристика;
б — условное обозначение: $U_{пр}$ — прямая ветвь, $U_{обр}$ — обратная ветвь

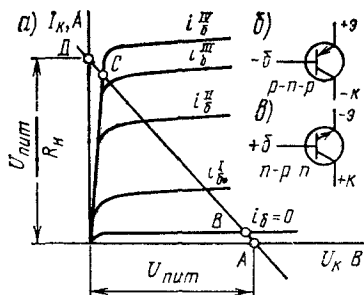


Рис. 94. Транзистор:

а — вольт-амперная характеристика б — условные обозначения
 I_k , U_k — ток и напряжение коллектора i_b — ток базы; $U_{пит}$ — напряжение питания, R_n — сопротивление нагрузки

го стабилитрона U_c , то он переходит в состояние пробоя (проводимости), имея при этом малое сопротивление (несколько десятков омов).

Транзистор (триод) имеет три вывода: эмиттер Э, база б и коллектор К (рис. 94) — и обладает таким свойством, что сопротивление между эмиттером и коллектором $R_{эк}$ зависит от тока, протекающего между эмиттером и базой (типа *p-n-p*). Когда этот ток, называемый *базовым*, отрицателен («втекает» в базу) или равен нулю, запирается эмиттерный переход и теряется управление током коллекторной цепи. Такому режиму, называемому *режимом отсечки*, соответствует запертое состояние триода (точка В на рис. 94). В этом состоянии через переход коллектор — база протекает весьма небольшой неуправляемый ток, составляющий единицы или десятки микроампер. Сопротивление запертого триода постоянному току очень велико — до нескольких мегаомов.

При увеличении положительного базового тока («вытекает» из базы) сопротивление между эмиттером и коллектором уменьшается, рабочая точка перемещается по линии нагрузки АД, при этом ток нагрузки коллектора увеличивается. Рост тока коллектора ограничен сопротивлением нагрузки: $I_k < U_{пит}/R_n$, поэтому при определенном токе базы наступает насыщение транзистора и дальнейшее увеличение тока базы не дает приращения тока нагрузки. Такому режиму, называемому *режимом насыщения*, соответствует открытое состояние транзистора (точка С). У открытого транзистора сопротивление постоянному току — единицы и десятки омов.

Подавая на вход транзистора импульсы напряжения переменной полярности, переводящие транзистор последовательно из запертого состояния в открытое, потом опять в запертое и т. д., можно заставить транзистор работать в качестве реле. Такой быстрый переход из одного состояния в другое называется *режимом «ключа»*, или *переключения*.

Оба состояния транзистора характеризуются малыми значениями рассеиваемой мощности. В режиме отсечки ток близок к нулю,

в режиме насыщения падение напряжения на переходе эмиттер — коллектор составляет десятые доли вольта. Поэтому транзисторы при работе в режиме «ключа» могут управлять большими мощностями. У транзисторов типа *n-p-n* основными носителями тока в цепи эмиттера и коллектора будут электроны, а неосновными носителями, обуславливающими ток базы, — дырки. Характеристики таких транзисторов будут несколько другими из-за большей подвижности электронов. Полярность подключения источников питания будет противоположной по сравнению с транзисторами типа *p-n-p*, а на схемах стрелка направлена от базы (рис. 94, в).

Транзисторы кремниевые и германиевые допускают некоторую перегрузку по току, но не допускают даже кратковременных превышений напряжений между электродами.

Тиристор (управляющий вентиль или диод) тоже имеет три вывода: анод *A*, катод *K* (силовые электроды) и управляющий электрод *У* (рис. 95).

Тиристор приводится в открытое (включенное) состояние при подаче напряжения положительной полярности на силовой электрод *A*, отрицательной на *K* и положительного потенциала на электрод управления *У*. В этом случае он работает как диод. В силовых приборах ток управления не превышает нескольких сотен миллиампер при напряжении примерно 5 В, т. е. мощность, расходуемая в цепи управления, составляет 1—2 Вт. Мощность силовой цепи может быть сотни киловатт.

Тиристоры, работая в широком диапазоне токов и напряжений (до 600 А и 1500 В), обеспечивают высокую надежность, коэффициент усиления до 10^6 и работу при температурах от -60 до $+120^\circ\text{C}$. Тиристор выключается при разрыве цепи электрода управления и резком уменьшении тока нагрузки до некоторого

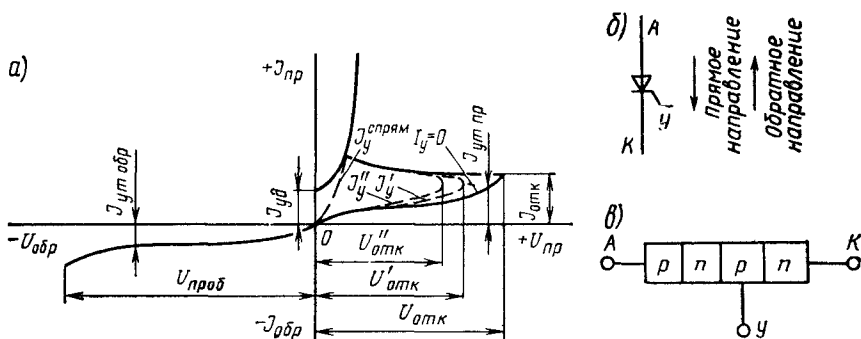


Рис. 95. Тиристор:

a — вольт-амперная характеристика; *б* — условное обозначение; *в* — структура; $U_{отк}$, $I_{отк}$ — напряжение и ток открывания тиристора при токе управления, равном нулю; $U'_{отк}$, $I'_{отк}$ — напряжение открывания при токах управления $I'_y > I_y$; $I_{спрям}$ — ток спрямления; $I_{уд}$ — ток удержания (выключения); $I_{ут.пр}$ — прямой ток утечки; $I_{ут.обр}$ — обратный ток утечки; $U_{проб}$ — обратное напряжение пробоя

минимального значения, называемого *удерживающим* $I_{уд}$, или разрыве цепи силовых электродов, а также при изменении полярности подведенного напряжения.

Способ изменения полярности силовых электродов обеспечивается более быстрое действие, чем уменьшение тока до $I_{уд}$, поэтому он особенно распространен.

В тепловозных схемах с электрической передачей выключение тиристоров осуществляется изменением полярности напряжения. Тиристоры дают возможность не только выпрямлять ток, но и регулировать его значение при помощи специальных систем управления. Тиристоры могут применяться в инверторах и преобразователях частоты переменного тока. Они не выдерживают перегрузок по току, поэтому должны обеспечиваться быстродействующей защитой.

Выпрямительная установка. На тепловозах с передачей переменного-постоянного тока для выпрямления переменного тока, вырабатываемого синхронным генератором, устанавливается выпрямительная установка (ВУ), выполненная на лавинных силовых кремниевых вентилях типа ВЛ-200-8 (восьмого класса, т. е. рассчитанных на напряжение 800 В, ток 200 А). Лавинные тиристоры не повреждаются при подаче на них больших напряжений и могут работать без дополнительных устройств защиты и равномерного распределения напряжения между последовательно соединенными вентилями, которые необходимы для обычных тиристоров.

В преобразовательной технике стационарных установок и в тепловозостроении за рубежом наибольшее распространение получила трехфазная мостовая схема выпрямления, расчетная мощность которой только примерно на 5% превышает активную и обеспечивает высокую частоту пульсаций выпрямленного напряжения при малой их амплитуде.

Исследования показали, что пульсации выпрямленного тока тепловозных ВУ при трехфазной мостовой схеме выпрямления не превышают 4—5%, что практически не влияет на качество коммутации электродвигателей. Поэтому на тепловозах 2ТЭ116, ТЭП70 и др. применена схема глухого параллельного соединения выпрямительных мостов (без уравнивающего реактора). Параллельное соединение мостов выбрано потому, что требует в 2 раза меньшее количество вентилях, чем последовательное соединение мостов при одинаковом значении и частоте пульсаций выпрямленного напряжения.

Основные параметры выпрямительной установки типа УВКТ-5 следующие:

Номинальное выпрямленное напряжение	700 В
Кратковременное допустимое напряжение	850 В
Номинальный выпрямленный ток	5700 А

Допускаемая нагрузка в течение 2 мин с интервалами между ними 30 мин	8700 А
Частота питания	30—133 Гц
Расчетный к. п. д.	99,3%
Схема соединения	два параллельно соединенных трехфазных моста
Количество вентилях в одной фазе	40 шт.
Тип вентилях	ВЛ-200-8
Общее число вентилях	240 шт.
Охлаждение	воздушное независимое
Масса	650 кг

Плечо моста состоит из десяти параллельно соединенных ветвей, в каждой из которых включено по два вентиля последовательно; следовательно, фаза имеет 40 вентилях. На рис. 96 показана схема одной фазы, а остальные обозначены условно прямоугольниками.

Конструктивно выпрямительная установка состоит из шкафа, где размещаются вентилях, размером 1165×1250×700 мм. Шкаф с вентилями имеет двустороннее обслуживание. На каждой стороне шкафа размещен один трехфазный мост. Вентилях с охлаждающими радиаторами собраны в отдельные блоки по 8 шт. На каждой стороне шкафа расположены 15 блоков. Все блоки съемные, что обеспечивает доступ для очистки воздушного канала и смены охлаждающих.

Вентилях охлаждаются вентилятором с электроприводом, расположенным над ВУ. Защита выпрямителей от внутренних коротких замыканий на этих тепловозах производится при помощи реле РМ2, подключаемого между нулевыми точками звезд генератора.

Принцип действия защиты заключается в том, что при возникновении внутренних коротких замыканий появляется постоянная составляющая в напряжении, на которую и реагирует реле. Для осмотра и ремонта вентилях с обеих сторон шкафа расположены дверцы с конечными выключателями, которые снимают напряжение с ВУ при их открытии.

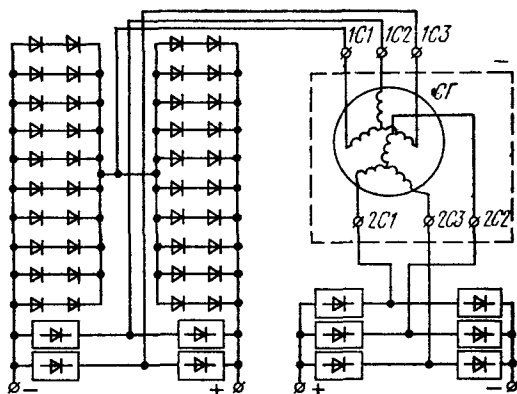


Рис. 96. Принципиальная схема выпрямительной установки УКВТ-5:

сГ — синхронный тяговый генератор; 1C1, 1C2, 1C3 — зажимы первой звезды статорной обмотки; 2C1, 2C2, 2C3 — второй звезды

18. АППАРАТЫ ЗАЩИТЫ

Электромагнит тяговый (ЭТ). Управляет клапаном, перекрывающим перепускной канал под силовым поршнем серводвигателя регулятора частоты вращения вала дизеля.

Электромагнит ЭТ-54Б (рис. 97) состоит из катушки, втяжного якоря 4 с усеченно-коническим концом, гильзы латунной, изолированной миканитом. На гильзу намотана катушка. Магнитопровод (кожух, сердечник, шайба) и обмотка со штепсельным разъемом залиты компаундом на основе эпоксидной смолы. Ход якоря может изменяться от 0 до 8 мм. Электромагнит ЭТ-54Б имеет следующую техническую характеристику:

Номинальное напряжение	75 В
Минимальное напряжение включения	26 В
Усилие на якоря при U_{min} и притянутом якоря	не менее 40 Н
Усилие на якоря при U_{min} и зазоре 5 мм	не менее 3 Н
Сопротивление катушки	220 Ом
Минимальный ток срабатывания	0,11 А

Реле давления масла. Детали дизеля при понижении давления в масляной системе защищают от возможного задира трущихся поверхностей реле давления масла (РДМ1, РДМ2).

На тепловозах ТЭМ1 и ТЭМ2 устанавливается по одному реле давления масла, которые предназначены для остановки дизеля при падении давления масла ниже 160 кПа. На тепловозах ТЭЗ, 2ТЭ10Л и 2ТЭ10В применяется два реле давления масла. Одно (РДМ1) контролирует давление масла на низших позициях контроллера, а другое РДМ2 — на высших позициях. При падении давления ниже 50 кПа дизель останавливается, а при уменьшении давления масла на высших позициях до 90—100 кПа с дизеля снимается нагрузка. Схема реле РДК-3 показана на рис. 98. При увеличении давления масла выше заданного значения рычаг 3 поворачивается против часовой стрелки (под действием силы давления), а его правый конец освобождает кнопку микропереключателя 8 и контакты замыкаются. Если давление уменьшилось, рычаг под действием пружины 4 начнет поворачиваться по часовой стрелке, и при достижении установленного давления правый конец рычага нажмет на кнопку микропереключателя

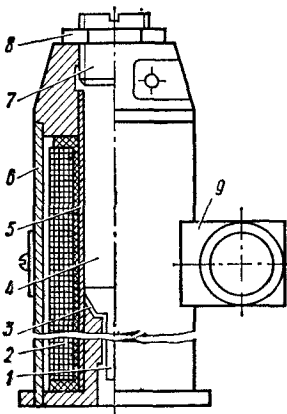


Рис. 97. Электромагнит тяговый типа ЭТ-54Б

1 — шток; 2 — катушка; 3 — шайба;
4 — якорь; 5 — гильза латунная; 6 —
кожух; 7 — регулировочный винт;
8 — контргайка; 9 — штепсельный
разъем

ля и контакты разомкнутся. Настройка реле производится изменением затяжки пружины.

После настройки винт 6 стопорится пробкой 7. Настройка реле на срабатывание 0—250 кПа.

Реле заземления. При пробое изоляции на корпус в плюсовой части силовой цепи (рис. 99) реле заземления (РЗ) сбрасывает нагрузку с тягового генератора.

Имеются два исполнения реле заземления: Р-45Г2-11 и Р-45Г2-12, отличающиеся обмоточными данными катушки. Катушка реле Р-45Г2-11 в схеме тепловоза соединена последовательно с добавочным резистором, при этом быстрота действия этого реле выше, чем у реле Р-45Г2-12, включаемого в схему без добавочного резистора (сопротивление катушек соответственно 0,106 и 220 Ом, ток срабатывания 10 и 0,71 А). Почти на всех тепловозах установлены РЗ типа Р-45Г2-11.

По конструкции реле заземления отличается от реле управления типа Р-45М наличием защелки, удерживающей якорь в притянутом положении после срабатывания, а также усиленной изолирующей катушки.

Катушка реле последовательно с разъединителем и резистором включена между корпусом тепловоза и минусовым зажимом тягового генератора (рис. 100). При появлении заземления образуется замкнутый контур, состоящий из катушки реле и якоря тягового генератора тепловоза, в котором начинает протекать ток, вызывающий срабатывание реле. Когда реле срабатывает, оно отключает контакты возбуждения возбuditеля и генератора и становится на механическую защелку.

Реле заземления срабатывает при повреждении изоляции кабелей, когда оголившийся проводник касается металлических частей тепловоза, а также при коротких замыканиях в тяговых электродвигателях и тяговом генераторе, как правило, сопровождающихся перебросом тока на корпус. Следует заметить, что пробой изоляции в участках цепи, расположенных вблизи подключения реле заземления, не вызывает срабатывания реле. Целый ряд элементов силовой цепи — обмотки возбуждения двигателей, контакторы и резисторы ослабления возбуждения, реверсор, шунт амперметра и др. — не защищены от заземления, поэтому эти цепи необходимо проверять особенно тщательно. Нельзя допускать замыкания на корпус в минусовых цепях, так как при появлении «земли» даже в плюсовых цепях реле заземления не сработает, а это приведет к повреждениям электрического оборудования с возникновением очага пожара.

После срабатывания реле, прежде чем освободить защелку, необходимо определить причину включения аппарата. Если обна-

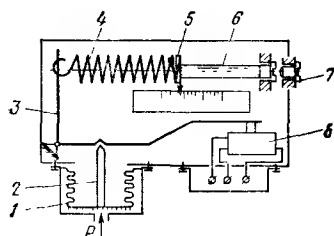


Рис. 98. Реле давления масла типа РДК-3:

1 — силифон; 2 — шток силифона; 3 — рычаг; 4 — пружина; 5, 7 — пробки; 6 — винт ходовой; 8 — микропереключатель

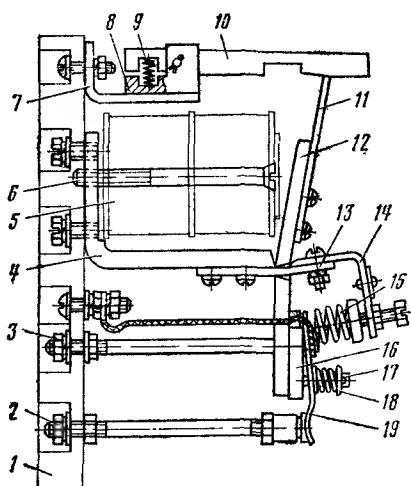


Рис. 99. Реле заземления типа Р-45Г:

1 — панель; 2 — неподвижный контакт; 3 — упорная шпилька; 4 — скоба; 5 — катушка; 6 — сердечник; 7, 14 — угольники; 8 — колодка; 9, 15, 18 — пружины; 10 — рычаг защелки; 11, 13 — плайки; 12 — якорь; 16 — планка изоляционная; 17 — штифт; 19 — подвижной контакт

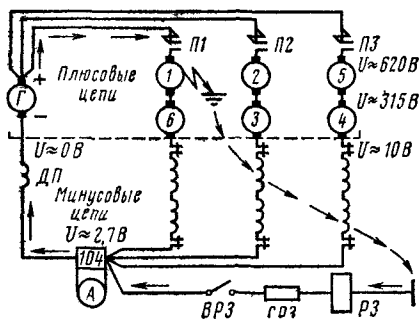


Рис. 100. Схема включения катушки реле заземления в цепь на тепловозе ТЭЗ:

Г — тяговый генератор; 1—6 — тяговые электродвигатели; РЗ — катушка реле заземления; ВРЗ — разбединитель реле заземления; СРЗ — резистор. Стрелками показано направление тока при заземлении в плюсовой части силовой цепи. Цифры на схеме указывают падение напряжения, подсчитанное для тока генератора $I_{\Gamma} = 2000$ А и напряжения $U_{\Gamma} = 620$ В

ружено постоянное заземление плюсовой стороны силовой цепи, причем электродвигатели и генератор не повреждены, то можно рубильник реле отключить и продолжать следование с поездом. Однако такая мера допустима только как временная (аварийная): при первой возможности заземление силовой цепи должно быть устранено и рубильник реле снова включен.

Блок боксования. Блок реле боксования ББ-320А (РБ1, РБ2) служит для частичного снятия нагрузки с тяговых электродвигателей при боксовании колес и сигнализации машинисту о боксовании.

На тепловозах ТЭ1, ТЭ2, ТЭ3 применены реле боксования типа Р-46Б-1. На ТЭ3 три реле вместе с добавочными резисторами установлены на общей панели и образуют блок боксования ББ-301. Реле РК-111 отличается от реле Р-46Б-1 обмоточными данными катушки.

Три реле РК-111 на тепловозах ТЭ10, ТЭП60 и 2ТЭ10Л образуют блок боксования ББ-303.

На тепловозах 2ТЭ10В установлен блок ББ-320А, который состоит из двух реле боксования типа РК-221, закрытых кожухом. После настройки реле пломбируются.

Реле (рис. 101) имеет незамкнутую магнитную систему. На кронштейне 3 смонтирована катушка 2 с коротким сердечником 12. Якорь 7 с вырезом в средней части качается на оси 8, проходящей через кронштейн. В нижней части к якорю винтом прикреплен плунжер 9, входящий внутрь катушки. Для предотвращения прилипания плунжера к сердечнику на торце

плунжера припаивают латунный диск толщиной 0,33 мм. В верхней части к якорю на плоской пружине прикреплен двусторонний контакт 5 (перекидной).

При обесточенной катушке нижний конец якоря оттянут пружиной 11, а подвижной контакт 5 замкнут с задним неподвижным контактом 4. Когда ток проходит по катушке 2, создается поток, замыкающийся через сердечник 12, кронштейн 3, воздушный зазор между кронштейном и якорем, плунжер и воздушный зазор между плунжером и сердечником. Если поток достаточен для преодоления силы натяжения пружины, якорь притягивается к катушке. При этом подвижной контакт замыкается с неподвижным 4, питание катушки контактора возбуждения возбuditеля прекращается, одновременно замыкается подвижной контакт с неподвижным контактом 6. В это время замыкается цепь питания зуммера, и машинисту подаются звуковой и световой сигналы о боксовании колес.

Снижение тока в катушке (вследствие уменьшения U_r) вызывает уменьшение силы ее притяжения, и пружина возвращает якорь в первоначальное положение. Ток, при котором якорь отойдет от катушки, определяется тем, на сколько усилился магнитный поток после срабатывания реле (поток увеличивается из-за уменьшения воздушного зазора между якорем и сердечником). Так как общий воздушный зазор по сравнению с зазором между якорем и сердечником достаточно велик, то уменьшение его мало сказывается на усилении магнитного потока.

Следовательно, для отпадания якоря необходимо очень небольшое уменьшение тока, что весьма важно для правильной работы реле.

При последовательном соединении двух электродвигателей в схеме электропередачи (рис. 101, б) катушка реле РБ1 включается в диагональ моста, плечи которого образованы якорями электродвигателей 1 и 6 и двумя резисторами СРБ1, равными по значению. Когда боксование осей, привод которых осуществляют электродвигателями 1 и 6, отсутствует, мост уравновешен и в

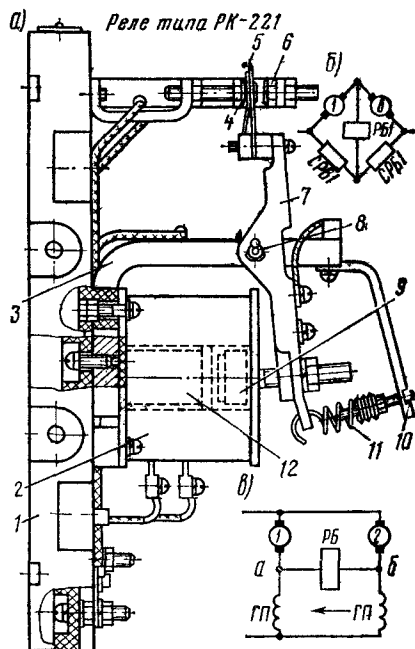


Рис. 101. Блок боксования типа ББ-320:

а — реле (показано в выключенном положении); б, в — схемы включения катушки при последовательном и параллельном соединении тяговых электродвигателей; 1 — панель; 2 — катушка; 3 — кронштейн (ядро); 4, 6 — неподвижные контакты; 5 — подвижной контакт; 7 — якорь; 8 — ось; 9 — плунжер; 10 — регулировочный винт; 11 — пружина; 12 — сердечник

катушке реле ток не протекает. При появлении боксования напряжения на зажимах электродвигателя боксующей оси увеличивает-ся, а напряжение на зажимах другого электродвигателя умень-шается, равновесие моста вследствие этого нарушается, в катушке реле появляется ток, который вызывает срабатывание реле. При параллельном соединении электродвигателей (рис. 101, в) и бок-совании первой колесной пары э. д. с. противоположного направ-ления (противо-э. д. с.) этого электродвигателя возрастет, потен-циал точки *а* уменьшится и ток потечет от точки *б* к *а*. Боксова-ние второй колесной пары вызовет протекание тока в обратном направлении.

Таким образом, ток любого направления вызовет срабатывание реле, если он достиг заданного значения.

Ток включения реле изменяется винтом 10 (см. рис. 101, а), ре-гулирующим натяжение пружины; при вывертывании винта ток уменьшается.

Можно также регулировать реле винтом плунжера 9. После регулировки необходимо снова проверить ток включения. Требуе-мый зазор между контактами устанавливают изменением положен-ия неподвижных контактов.

Катушки реле боксования Р-46Б1 и РК-221 имеют сопротивле-ние 5,26 и 5,1 Ом.

Реле ограничения тока. При последовательно-параллельном со-единении тяговых электродвигателей на тепловозах ТЭМ1, ТЭМ2, ТЭ1 и ТЭ2 генератор предохраняет реле ограничения тока (РТ) от перегрузки.

На тепловозах ТЭ1, ТЭ2 и ТЭМ1 используют реле типа Р-47А-0, которое смонтировано на панели ПР-27А-1, где, кроме того, уста-новлены резисторы ШС-40А-1 с двумя независимыми регулируе-мыми участками, конденсаторы В-ЗК-153 емкостью по 0,5 мФ каж-дый и их добавочные резисторы.

На тепловозах ТЭМ2 устанавливают реле типа Р-27А, которое отличается только некоторыми параметрами. Данные, относящие-ся к этому реле, приведены в скобках. Реле ограничения тока (рис. 102) имеет две катушки: токовую 2 и напряжения 5 с сер-дечником 4, смонтированные на кронштейне 6 Г-образной формы с широким основанием.

Токовая катушка имеет 1,25(1) витка, выполненного из шинной меди размером 8×18 (12,5×20) мм. Она рассчитана на ток 750 (1100) А.

Легкий якорь 11 с вырезом в средней части качается на оси 10, проходящей через кронштейн.

В нижней части к якорю винтом 12 крепится плунжер 3 с ла-тунной наплавкой, входящий внутрь токовой катушки. Вверху к якорю прикреплен двусторонний серебряный контакт 8, распо-ложенный между двумя неподвижными контактами 9 и 7. При обесточенных катушках нижний конец якоря оттягивается пружиной 13, вследствие чего подвижной контакт 8 замкнут с зад-

ним неподвижным контактом 7, к которому присоединен резистор *I* (рис. 103).

Токовая катушка включена в цепь одной группы тяговых электродвигателей, а катушка напряжения — в цепь обмотки возбуждения возбuditеля последовательно с подвижным контактом 8. В зависимости от положения этого контакта ток в катушке напряжения меняет свое направление.

Если замкнуты контакты 8 и 7, то катушка напряжения включена параллельно резисторам обмотки возбуждения возбuditеля, при этом направление тока таково, что поток катушки напряжения действует согласно с потоком токовой катушки. Если замкнуты контакты 8 и 9, то катушка напряжения включается параллельно обмотке возбуждения возбuditеля, направление тока меняется и поток катушки напряжения действует против потока токовой катушки.

При токе 660 (980—1000) А в токовой катушке якорь реле притягивается к сердечнику и размыкает контакты 8 и 7, при этом катушка напряжения выключается, усилие, действующее на якорь, уменьшается и он под действием пружины занимает первоначальное положение. Если нагрузка в силовой цепи не снижается, то процесс повторяется, что приводит к вибрации якоря у размыкающего контакта 7. При увеличении тока в силовой цепи вибрация происходит между двумя неподвижными контактами 9 и 7, а затем постепенно переходит на замыкающий контакт 9.

Когда контакт 8 замкнется с контактом 9, направление тока

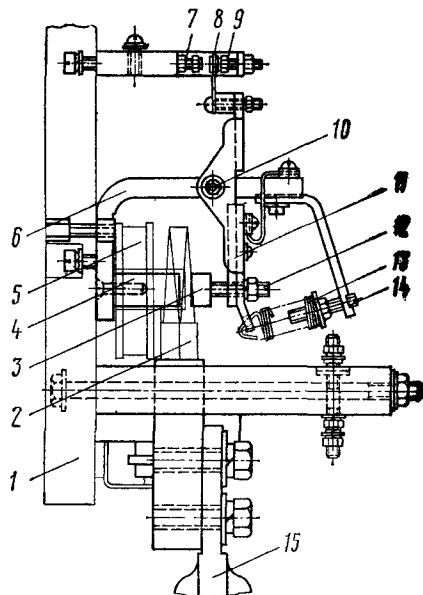


Рис. 102. Реле ограничения тока типа Р-47А-0 (реле показано во включенном положении):

1 — панель; 2 — токовая катушка; 3 — плунжер; 4 — сердечник; 5 — катушка напряжения (вибрационная) реле; 6 — кронштейн; 7, 9 — неподвижные контакты; 8 — подвижной контакт; 10 — ось; 11 — якорь; 12 — винт; 13 — пружина; 14 — регулировочный винт; 15 — кабельный наконечник

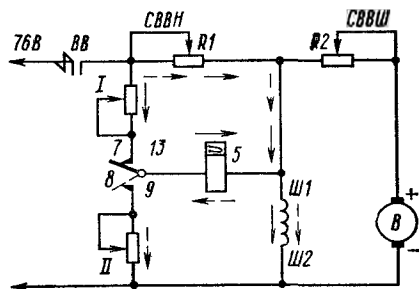


Рис. 103. Схема включения реле ограничения тока в цепь (обозначения см. на рис. 102):

Ш1—Ш2 — обмотка возбуждения возбuditеля; В — якорь возбuditеля; ВВ — контактор возбуждения возбuditеля; СВВН, СВВШ — резисторы в цепи возбуждения возбuditеля; I, II — резисторы на панели реле. Сплошными стрелками показано направление тока при нормальном состоянии реле (до срабатывания), штриховыми — направление тока после срабатывания реле

в катушке напряжения реле изменяется, т. е. магнитный поток ее противодействует токовой катушке (на рис. 103 направление тока показано штриховыми стрелками). Вследствие этого пружина оттянет контакт 8, цепь катушки напряжения разорвется и магнитный поток ее исчезнет. Следовательно, результирующий поток реле возрастет и якорь реле займет первоначальное положение (контакты 8 и 9 замкнутся). Это и приводит к вибрации якоря. Вибрация контакта 8 увеличивает сопротивление в цепи обмотки возбуждения возбuditеля, а это снижает ток возбуждения и напряжение тягового генератора. Если ток в цепи электродвигателей продолжает расти, то контакт 8 притягивается к переднему контакту 9, который соединен с резистором II, включенным параллельно обмотке возбуждения возбuditеля. Ток в обмотке становится еще меньше, напряжение возбuditеля резко падает, вызывая снижение мощности тягового генератора.

Если нагрузка генератора все же не уменьшается, то дальнейшее падение напряжения тягового генератора (а следовательно, и скорости движения) приведет к остановке тепловоза. Параллельно контактам 8 и 7 включен конденсатор с резистором, предназначенный для уменьшения подгорания контактов.

Регулировку реле ограничения тока проверяют следующим образом. Увеличивая нагрузку генератора, фиксируют токи катушки напряжения и токовой, при которых реле начинает работать. Это должно произойти при токах 660 (980—1000) А в токовой катушке и 1,5 А в катушке напряжения. Если токи срабатывания реле отличаются от указанных, то производится регулировка, для чего якорь реле придерживают рукой и изменяют сопротивление секции I до тех пор, пока в катушке напряжения не установится ток 1,5 А.

Ток срабатывания в токовой катушке регулируется винтом 14 пружины 13: для увеличения тока винт ввертывают, для уменьшения вывертывают. Зазор между контактами 1,2—1,6 мм.

Чтобы обеспечить требуемое соотношение токов в катушке напряжения (1,5 А) и токовой (660 А), одновременно регулируют сопротивления в секциях I и II. При этом необходимо помнить, что реле ограничения тока находится под высоким напряжением, поэтому изменять сопротивление можно только на позиции контроллера «Холостой ход».

Регулировать реле можно также изменением положения плунжера 3, но лишь на реле, снятом с тепловоза. Нельзя допускать заклинивания реле ограничения тока, так как это может повести к перегрузке тягового генератора (порче изоляции, выплавлению коллекторных пластин и др.).

Измерительные и защитные аппараты. Температурное реле типа КРД-2 (ТРМ, ТРВ) на тепловозах 2ТЭ10Л и 2ТЭ10В предназначено для предупреждения перегрева воды и масла в системе охлаждения дизеля.

Реле имеет два самостоятельных термоэлемента. Один контролирует температуру масла дизеля и регулируется на 86°С, другой

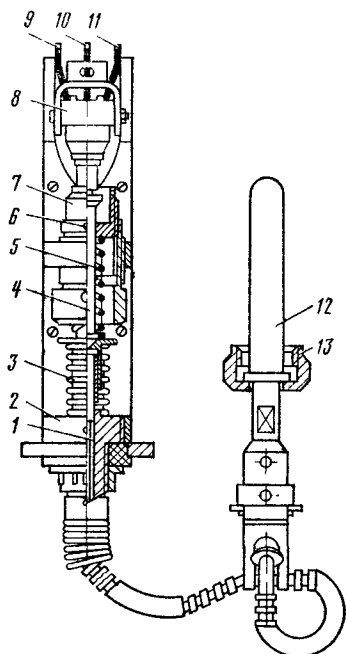


Рис 104. Температурное реле КРД-2:

1 — капиллярная трубка; 2 — корпус реле; 3 — сильфон; 4 — толкатель; 5 — пружина; 6 — стопорный винт; 7 — штуцер; 8 — микропереключатель; 9 — отвод от размыкающего контакта (красный провод); 10 — отвод от среднего контакта (белый провод); 11 — отвод от замыкающего контакта (синий провод); 12 — термобаллон; 13 — гайка

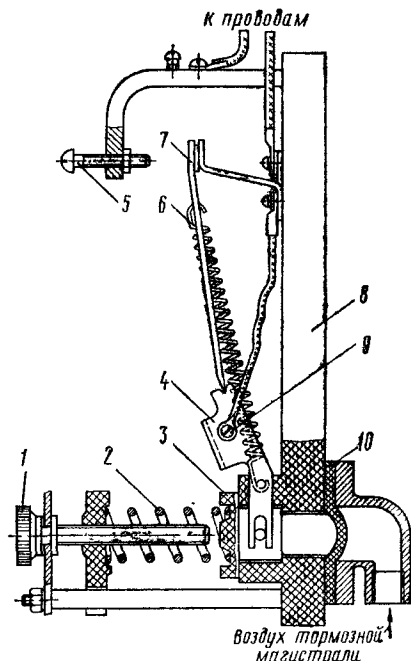


Рис 105. Схема реле давления АК-11Б:

1 — регулировочные винты; 2 — регулировочная пружина; 3 — шток; 4 — рычаг; 5 — винт-контакт; 6 — пружина; 7 — контактная вилка; 8 — панель (корпус); 9 — ось рычага; 10 — мембрана

контролирует нагрев воды дизеля и срабатывает при температуре 92°C . Принцип действия реле и основные элементы те же, что у реле ТРК.

При повышении температуры воды или масла до регулируемой повышается температура соответствующего термобаллона 12, что вызывает увеличение давления в камере; сильфон 3 растягивается, преодолевая сопротивление пружины 5 (рис. 104). Вместе с дном сильфона переместится толкатель 4, который нажмет на кнопку микропереключателя, и его контакты разомкнутся. Когда температура регулируемой или контролируемой среды понижается, сильфон под действием пружины сжимается, толкатель перемещается вниз и контакты микропереключателя замыкаются. Регулировка осуществляется штуцером 7.

Контакты реле рассчитаны на номинальный ток 2,5 А и напряжение 24 В.

Температурное реле (АРТ) служит для предупреждения перегрева воды в системе охлаждения дизеля тепловоза ТЭЗ. Принципиальная схема термореле ТРК-3 такая же, как и у реле РДК-3 (см. рис. 98). Термосистема образуется из термобаллона,

в катушке напряжения реле изменяется, т. е. магнитный поток ее противодействует токовой катушке (на рис. 103 направление тока показано штриховыми стрелками). Вследствие этого пружина оттянет контакт 8, цепь катушки напряжения разорвется и магнитный поток ее исчезнет. Следовательно, результирующий поток реле возрастет и якорь реле займет первоначальное положение (контакты 8 и 9 замкнутся). Это и приводит к вибрации якоря. Вибрация контакта 8 увеличивает сопротивление в цепи обмотки возбуждения возбuditеля, а это снижает ток возбуждения и напряжение тягового генератора. Если ток в цепи электродвигателей продолжает расти, то контакт 8 притягивается к переднему контакту 9, который соединен с резистором II, включенным параллельно обмотке возбуждения возбuditеля. Ток в обмотке становится еще меньше, напряжение возбuditеля резко падает, вызывая снижение мощности тягового генератора.

Если нагрузка генератора все же не уменьшается, то дальнейшее падение напряжения тягового генератора (а следовательно, и скорости движения) приведет к остановке тепловоза. Параллельно контактам 8 и 7 включен конденсатор с резистором, предназначенный для уменьшения подгорания контактов.

Регулировку реле ограничения тока проверяют следующим образом. Увеличивая нагрузку генератора, фиксируют токи катушки напряжения и токовой, при которых реле начинает работать. Это должно произойти при токах 660 (980—1000) А в токовой катушке и 1,5 А в катушке напряжения. Если токи срабатывания реле отличаются от указанных, то производится регулировка, для чего якорь реле придерживают рукой и изменяют сопротивление секции I до тех пор, пока в катушке напряжения не установится ток 1,5 А.

Ток срабатывания в токовой катушке регулируется винтом 14 пружины 13: для увеличения тока винт ввертывают, для уменьшения вывертывают. Зазор между контактами 1,2—1,6 мм.

Чтобы обеспечить требуемое соотношение токов в катушке напряжения (1,5 А) и токовой (660 А), одновременно регулируют сопротивления в секциях I и II. При этом необходимо помнить, что реле ограничения тока находится под высоким напряжением, поэтому изменять сопротивления можно только на позиции контроллера «Холостой ход».

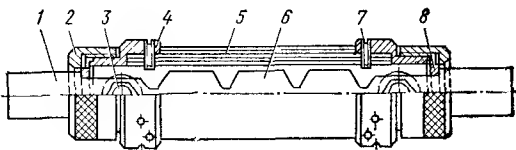
Регулировать реле можно также изменением положения плунжера 3, но лишь на реле, снятом с тепловоза. Нельзя допускать заклинивания реле ограничения тока, так как это может повести к перегрузке тягового генератора (порче изоляции, выплавлению коллекторных пластин и др.).

Измерительные и защитные аппараты. Температурное реле типа КРД-2 (ТРМ, ТРВ) на тепловозах 2ТЭ10Л и 2ТЭ10В предназначено для предупреждения перегрева воды и масла в системе охлаждения дизеля.

Реле имеет два самостоятельных термоэлемента. Один контролирует температуру масла дизеля и регулируется на 86° С, другой

Рис. 106. Предохранитель раз-
борный:

1 — контактные ножи; 2 — накидная
гайка; 3 — болты; 4 — втулка; 5 —
трубка фибровая; 6 — плавкая вста-
вка; 7 — винт; 8 — шайба



фибровой трубки 5, в которую помещена плавкая вставка 6 из листового цинка толщиной 0,6 мм. Вставка болтами 3 прикреплена к контактным ножам 1, которые врубаются в пружинящие контактные стойки, соединенные с соответствующей цепью. Вставка перегорает, когда по ней проходит ток, превышающий номинальное значение для данного предохранителя. Трубку заполняют асбестовой бумагой, толченым мелом, кварцевым песком или мраморной крошкой, которые способствуют гашению дуги и защищают трубку от выгорания.

Блокировочные контакты дверей высоковольтной камеры типа ВК-200 (БД1, БД2) представляют собой устройство, подобное контактам мостикового типа. При закрытии камеры дверь нажимает на хвостовик и подвижные контакты замыкаются с неподвижными. Если дверь открывается, пружина отжимает подвижные контакты от неподвижных, и цепь разрывается.

19. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И СИГНАЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Электротермометры и электроманометры. На пультах управления тепловозов установлены электротермометры и электроманометры для контроля температуры воды, охлаждающей дизель, и масла, а также давления в масляной системе дизеля ведомой секции. В комплект электротермометра и электроманометра входит указатель и измеритель (датчик).

В электротермометре датчиком является теплочувствительный элемент, представляющий собой тонкую никелевую теплоизолированную проволоку, намотанную на слюдяные пластинки, помещенные в защитную металлическую арматуру из нержавеющей стали или полупроводниковый терморезистор. Принцип работы электротермометра основан на том, что при изменении температуры измеряемой среды изменяется сопротивление датчика.

Указателем электротермометра служит логометр, действие которого основано на свойстве вращающегося магнита устанавливаться по направлению оси результирующего магнитного поля, создаваемого катушками при протекании по ним электрического тока. Логометр включается по схеме моста сопротивлений, в одно из плеч которого установлен элемент измерителя (рис. 107).

Изменение сопротивления измерителя R_d меняет значение и отношение токов в обмотках $W1$ и $W2$ схемы моста, причем с увеличением температуры ток в обмотке $W2$ увеличивается, а в обмотке $W1$ уменьшается. Если ток проходит только по одной обмотке,

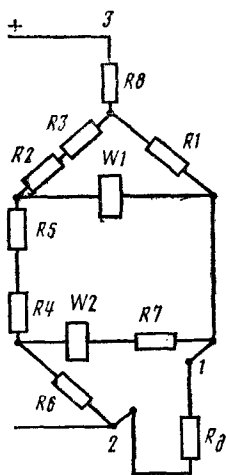


Рис. 107. Принципиальная схема электрического термометра:

$R1, R3, R5, R6, R8$ — резисторы манганиновых катушек; $R2, R4, R7$ — резисторы медных катушек; R_d — резистор никелевой проволоки (измеритель); $W1$ — наружные обмотки; $W2$ — внутренние обмотки; 1, 2, 3 — выходы к штепсельному соединению

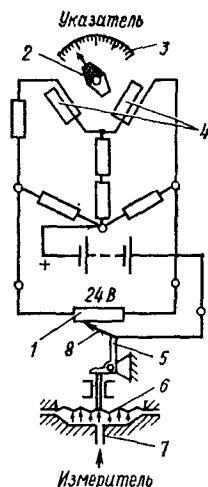


Рис. 108. Схема электрического дистанционного манометра:

1 — подвижный магнит; 2 — катушка лагометра; 3 — шкала; 4 — реостат; 5 — рычаг; 6 — мембрана; 7 — шток; 8 — подвижная колодка с ползунком

то вращающийся магнит устанавливается по полю, созданному этой обмоткой. Если ток проходит по обеим обмоткам, то положение вращающегося магнита определяется результирующим магнитным полем, созданным двумя обмотками. Поля, создаваемые наружными обмотками $W1$, определяют вращение магнита подвижной системы к началу шкалы, а внутренними обмотками $W2$ — к концу шкалы. Постоянный магнит, на оси которого укреплена стрелка прибора, поворачивается под действием результирующего поля обмоток. Следовательно, положение стрелки прибора определяется отношением токов в обмотках, т. е. измеряемой температурой.

На тепловозах применяются электротермометры типа ТП-2в, в которых датчиком является полупроводниковое термосопротивление ПП2, а указателем — ТУЭ-8А. Рабочий диапазон температур электротермометра ТП-2в от 0 до $+120^{\circ}\text{C}$, напряжение питания 27 В. На тепловозе он включается на напряжение 75 В с гасящими резисторами ПЭ-7,5—470 Ом со стороны плюса и минуса.

В электрическом дистанционном манометре (типов ЭДМУ-6 и ЭДМУ-15) изменение давления жидкости или газов в трубопроводе воспринимается чувствительным элементом измерителя (датчика) и передается указателю, установленному на пульте управления ведущей секции тепловоза. В электроманометре сопротивление элемента измерителя меняется при передвижении ползунка под действием деформирующейся мембраны (рис. 108). Это нарушает равновесие моста указателя и вызывает отклонение враща-

ющегося магнита со стрелкой. Необходимо помнить, что при обесточенном логометре стрелка его не устанавливается на нуль, а лежит на левом упоре. Манометр ЭДМУ-6 имеет пределы измерения от 0 до 600 кПа, а ЭДМУ-15 — от 0 до 1500 кПа.

Амперметры и вольтметры. Для контроля за работой электрических цепей на тепловозах установлены амперметры и вольтметры, размещенные на пультах управления. Амперметры включены в силовую цепь для контроля за нагрузкой тягового генератора и тяговых электродвигателей и в цепь аккумуляторных батарей для контроля зарядного и разрядного тока. Амперметры (магнитоэлектрической системы) подключены к шунтам.

На тепловозах типа ТЭ10 в силовую цепь включен амперметр со шкалой на 6000 А, а на ТЭ3 — на 4000 А. В цепи аккумуляторной батареи на тепловозах типа ТЭ10 амперметры имеют шкалу 150—0—150 А, на ТЭ3 — 100—0—100 А. Вольтметр, измеряющий напряжение тягового генератора, имеет шкалу на 1000 В, вольтметр в цепи вспомогательного генератора — на 125 В.

Приборы пожарной сигнализации. Установка для пожаротушения состоит из электрической сигнализации и устройства для тушения пожара. При появлении пожара или повышении температуры до $105 \pm 10^\circ \text{C}$ автоматически подаются звуковой и световой сигналы. Для звукового сигнала используется зуммер узла боксования колес СБ. Устройство для тушения пожара приводится в действие локомотивной бригадой; в нем используется огнегасящая смесь.

К сигнальной установке относятся температурные датчики типа ДТ-1, исполнительные реле *P1* и *P2*, сигнальная коробка КС, лампочка ЛП, кнопки контроля *K1* и *K2*, автомат защиты, тумблер и потенциометры *R1* и *R2* (см. с. 231).

Сигнальные датчики изготовлены из сплава окиси калия и марганца, сопротивление которого резко снижается при повышении температуры. Сопротивление датчика при температуре 20°C составляет примерно 2,4 МОм, а при 90° — 5 кОм. Уменьшение сопротивления приводит к возрастанию тока в цепи реле *P1* или *P2*, что приводит к срабатыванию соответствующего реле и подаче сигналов.

Датчики установлены в местах возможного загорания: в правой высоковольтной камере — 2 шт., в левой — 1 шт., в дизельном помещении с правой и левой стороны — по 9 шт.

20. АППАРАТЫ РАЗНЫЕ

Резисторы. В цепях регулирования и управления на тепловозах применяются три типа резисторов: ленточные ЛС, проволочные СР и проволочные эмалированные ПЭ. Ленточные резисторы (рис. 109, а) выполнены из фехралевой ленты в виде бескаркасного зигзагообразного элемента 2, который закреплен между изоляторами 3 с помощью держателей 1. Изоляторы стянуты шпильками 6. Прямолинейные участки ленты для жесткости имеют гофры.

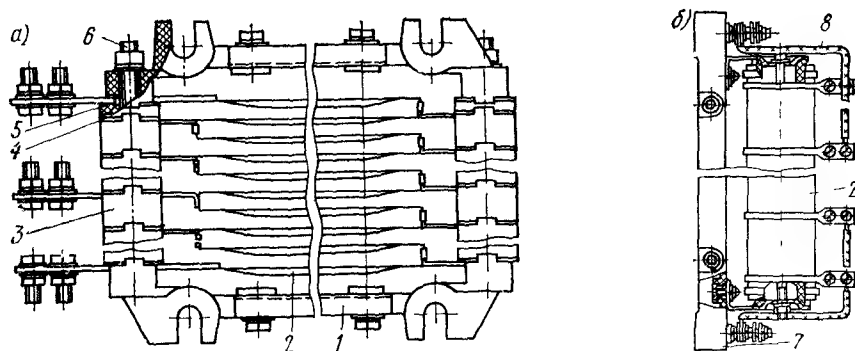


Рис. 109 Резисторы:

а — ленточные ЛС; *б* — унифицированная панель ПС 50 с элементом резистора СР 1 — держатель стальной, 2 — элемент резистора; 3, 4 — изоляторы, 5 — прокладка, 6 — шпилька стягивающая, 7 — панель; 8 — монтажный провод

В местах перегиба ленты крепится держателями, обеспечивающими температурную компенсацию ленты (удлинение от нагрева) и технологические отклонения. Резисторы ЛС выполняются из одного или двух элементов. Они рассчитаны на значительные токи (свыше 20 А). Технические данные резистора ЛС приведены в табл. 12.

Таблица 12

Тип	Наименование и назначение	Количество элементов	Сопротивление при 20 °С, Ом		Продолжительный ток, А	Мощность элемента, Вт
			элемента	секции		
ЛС-9110	Резистор ослабления возбуждения тяговых электродвигателей	1	$0,0282 \pm 5\%$	$R1R2-0,019 \pm 5\%$ $R1R2-0,0092 \pm 5\%$	220 300	1800
ЛС-9120	То же	1	$0,0335 \pm 5\%$	$R4R5-0,0225 \pm 5\%$ $R4R6-0,011 \pm 5\%$	220 300	2100
ЛС-9233	Резистор в цепи заряда батареи	2	$0,085 \pm 10\%$	$R1R2-0,17 \pm 10\%$ $R1R3-0,0425 \pm 10\%$	100 —	1700

При токах менее 20 А и особенно в случаях, когда необходимо изменять сопротивление для настройки схемы, например в цепях возбуждения возбудителя, вспомогательного генератора и др., используют резисторы типа СР. Они представляют собой нихромовую или фехралевую круглую проволоку, навитую на фарфоровый цилиндр. Резисторы выполняются регулируемые (с хомутами) и нерегулируемые. Мощность элемента составляет 350 Вт, расчетная температура 350° С. Продолжительный ток элементов (от СР-303Э до СР-335) изменяется соответственно в пределах от 0,713 до 19,7 А, а сопротивление — от 690 до 0,88 Ом. Панели этих

резисторов (рис. 109, б) выполняют в виде блоков, состоящих из унифицированных пластмассовых панелей, стянутых шпильками в единую панель типа ПС-50.

При малых мощностях и токах, главным образом в цепи катушек аппаратов, находят применение трубчатые эмалированные резисторы типа ПЭ. Они состоят из полого керамического цилиндра, на который намотана проволока из нихрома или константана, покрытая слоем жаростойкой стекловидной эмали. Панели типа ПС-20 содержат резисторы типа ПЭВ или ПЭВР мощностью 50 Вт, а панели типа ПС-40 — мощностью 100 Вт.

Резисторы типа ПЭВ нерегулируемые, а ПЭВР — регулируемые.

На поверхности регулируемых резисторов имеется свободная от эмали дорожка провода для закрепления перемещаемого хомута, которым устанавливается требуемое сопротивление.

Блоки и панели выпрямителей. На тепловозах типов ТЭ10 и ТЭП60 через выпрямительный мост, состоящий из четырех кремниевых диодов типа ВК-10-1А, осуществляется питание обмотки возбуждения возбудителя. Другой мост, смонтированный на панели ПВК-6040, используется для выпрямления входного тока, питающего регулировочную обмотку амплистата. Два моста (рис. 110) состоят из вентилях (диодов) 5, закрепленных на панели 1 при помощи контактных планок 4 и 3, к которым присоединены выводы 2 провода. Другие концы проводов припаяны к зажимам штепсельных колодок 7. В электрическую схему тепловоза мост подсоединяется при помощи вставки 8 штепсельного разъема.

Блок выпрямителей кремниевых типа БВК-450 включает в себя выпрямительные мосты, используемые в следующих цепях: трансформаторов постоянного тока — В1, В2, В3, В6; трансформатора постоянного напряжения В4; как разделительные диоды — В5, В7. На изоляционной панели блока установлены алюминиевые радиаторы, на которых закреплены полупроводниковые диоды типа Д-231. Панель прикреплена к уголкам съемной кассеты, вставленной в корпус. Блок имеет штепсельные разъемы.

На тепловозе ТЭЗ применяется панель селеновых выпрямителей типа ПВ-420. Выпрямители в схеме расположены в цепях ограничения тока и дополнительного регулирования мощности.

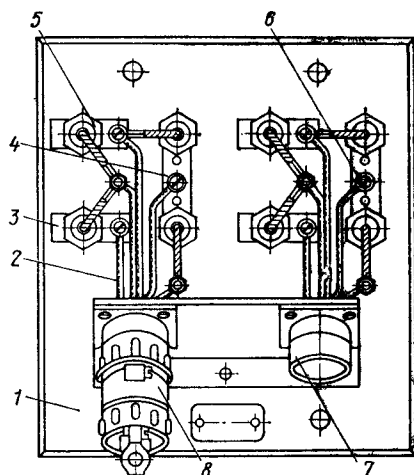


Рис. 110. Панель выпрямителей типа ПВК-6040:

1 — панель; 2 — выводы провода; 3, 4 — контактные планки; 5 — диод (вентиль) кремниевый; 6 — винт; 7 — колодка штепсельного разъема; 8 — вставка штепсельного разъема

Индуктивный датчик (ИД). Для изменения тока в регулировочной обмотке амплистата устанавливают индуктивные датчики (рис. 111) типов ИД-10, ИД-31 (на тепловозах 2ТЭ10Л и 2ТЭ10В) и ИД-20, ИД-32 (на тепловозах 2ТЭ116). Индуктивный датчик преобразует механическое перемещение якоря в электрический сигнал. В корпусе 1 размещена катушка 2, внутри которой может перемещаться якорь 5. Якорь соединен со штоком серводвигателя объединенного регулятора дизеля. Катушка питается переменным напряжением распределительного трансформатора. Наибольший ток будет при минимальной индуктивности катушки, т. е. отсутствии якоря, а наименьший — при полностью введенном якоре.

Индуктивное сопротивление катушки датчика намного больше активного, поэтому ток в регулировочной обмотке не зависит от позиции контроллера, а зависит только от положения якоря в катушке. Индуктивные датчики ИД-10 и ИД-20 имеют одинаковую конструкцию и отличаются только параметрами. Датчики ИД-31 и ИД-32 между собой также отличаются только параметрами, а от датчиков ИД-10 и ИД-20 — конструкцией крепления к регулятору дизеля. На датчиках ИД-10 и ИД-20 установочная плита приварена к цилиндрической поверхности, а у датчиков ИД-31 и ИД-32 — к торцевой. Индуктивные датчики типов ИД-10 и ИД-20 имеют следующую характеристику:

	ИД-10	ИД-20
Номинальное напряжение, В	10	17
Ток длительный, А	1,8	0,26
Ход якоря, мм	65	65
Сопротивление катушки, Ом:		
активное	2,6	20
полное минимальное, не менее	5,5	65
полное максимальное, не более	70	550

Контактные соединения применяются на тепловозах в виде колодок с зажимами и штепсельных разъемов (ШР) различных типов. Колодки представляют собой набор изоляционных

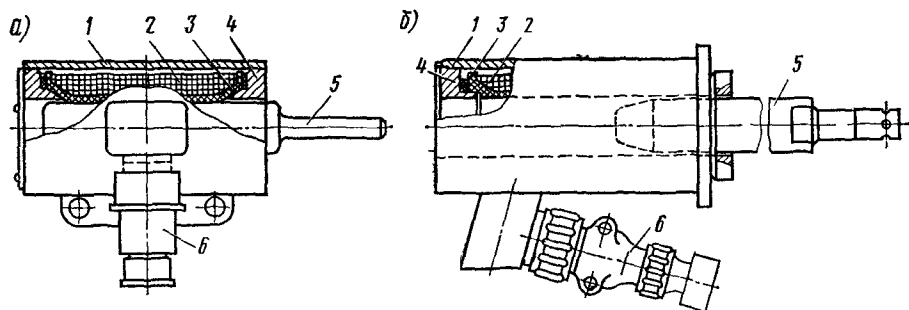


Рис. 111. Индуктивные датчики:

а — ИД-10, б — ИД-31,
1 — корпус; 2 — катушка; 3 — каркас; 4 — фланец; 5 — якорь, 6 — штепсельный разъем

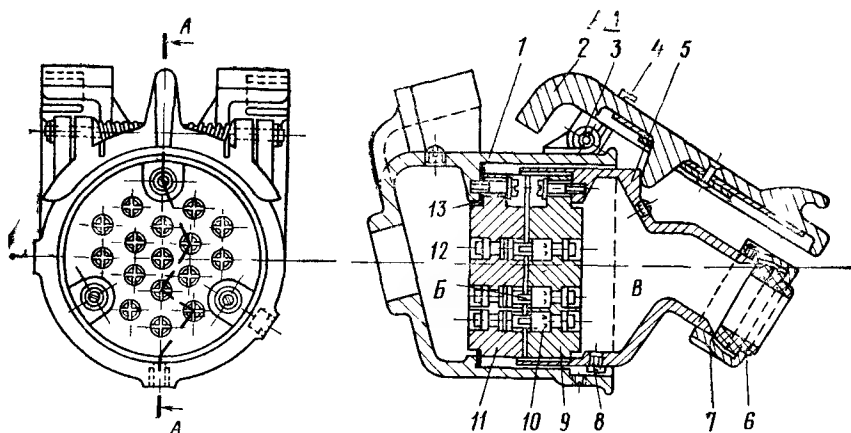


Рис 112 Межтепловозное соединение:

1 — корпус розетки, 2 — крышка с запирающим выступом, 3 — ось, 4 — пружина, 5 — корпус штепселя, 6 — уплотнение, 7 — гайка, 8 — винт, 9 — изоляционная шайба штепселя, 10 — контактное гнездо, 11 — изоляционная шайба розетки, 12 — контактный штырь, 13 — резиновая прокладка

соединительных зажимов, собранных на стяжной шпильке, с разъемным болтовым контактом. Зажим рассчитан на 20 А. Зажимные колодки отличаются по числу контактов: СК2-Б имеет 20, СК2-16 и СК-2А — 10. Все зажимы реек занумерованы, а провода (цепей управления и освещения), подходящие к ним, снабжены бирками с номерами, соответствующими обозначенным на схеме электрических соединений. Штепсельные розетки РЗ-8Б предназначены для включения двухполюсных штепселей типа ШУ-5А, переносных ламп при осмотрах. Они рассчитаны на ток продолжительного режима 6 А и напряжение 75 В. Розетки расположены под кузовом.

Межтепловозное соединение 2СШ001 (1Т, 2Т) обеспечивает возможность управления двумя или несколькими тепловозами с одного поста по системе двух (многих) единиц. Межтепловозное соединение состоит из розеток и переносных штепселей, при помощи которых соединяются провода управления тепловозов (рис. 112). Розетка имеет контактные пальцы, а штепсель — соответствующие им контактные гнезда. Контактные пальцы сделаны разрезными, чтобы обеспечивался надежный контакт в соединениях. Для соединения розетки и штепселя предусмотрен винт 8, который входит в углубление розетки. Контакты рассчитаны на ток 25 А и напряжение 75 В.

Чтобы предохранить штепсель от попадания влаги, кабель имеет резиновое уплотнение 6, а полости Б и В залиты изоляционной компаундной массой. Запорное устройство межтепловозного соединения предохраняет штепсель и розетку от размыкания.

Сигнал боксования типа СС-2 (зуммер СБ) устроен так же, как звонок постоянного тока с прерывателем, но у него

вместо звонка имеется зуммер, создающий дребезжащий звук при работе. Зуммер типа СС-2 рассчитан на напряжение 110 В, катушка имеет 4000 витков, сопротивление 240 Ом, потребляемая мощность 60 Вт.

Указатель повреждений (У1) служит для облегчения отыскания неисправностей в цепях управления пуска дизеля и возбуждения тягового генератора. Указатель У1 (см. с. 233) состоит из резисторов $R1—R16$, блока БР, переключателя Т23 и собственно указателя У1, представляющего собой вольтметр М-4200 со специальной шкалой. Шкала указателя разбита на две части, на каждой из которых нанесены контрольные точки цепи пуска и возбуждения. К контрольным точкам подсоединены резисторы блока БР. Сопротивление резисторов подобраны таким образом, что каждой контрольной точке соответствует определенный ток, протекающий через указатель У1, вследствие чего стрелка прибора У1 занимает определенное положение. При пуске дизеля прибор У1 питается от зажима 1/1—4 или 11/2 через $R1—R8$, размыкающий контакт реле Р49, и его стрелка указывает на контрольные точки шкалы «Пуск». После окончания пуска прибор У1 питается от зажима 11/2 через $R9—R16$ (контакты Р49 разомкнуты), а стрелка указывает на контрольные точки шкалы «Возбуждение».

Если в цепи имеется неисправность, то стрелка установится у контрольной точки, через которую не проходит ток. Для отыскания повреждения необходимо проверить цепь до контрольной точки.

При исправной цепи стрелка полностью отклоняется. Если контроль осуществляется с ведущей секции, то на ведомой секции переключатель Т23 должен находиться в нейтральном положении, и наоборот.

Соединительные коробки применены для соединения цепей в местах, где установка их уменьшает длину проводов и позволяет ускорить отыскание повреждений. На схеме соединительные коробки обозначены так же, как зажим высоковольтной камеры. Номер сборочного чертежа коробки указан на зажиме.

Электрические лампы на тепловозах для освещения применены мощностью 50 Вт, напряжением 75 В. Лампы прожекторов имеют мощность 500 Вт и напряжение 50 В. Лампы буферного фонаря мощностью 25 Вт, напряжением 50 В включаются последовательно с добавочным резистором.

21. ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И РЕМОНТ

В депо ремонт электрических аппаратов выполняется без снятия и со снятием их с тепловоза. Правилами текущего ремонта электрических аппаратов предусмотрен их периодический осмотр и ремонт. По электрическим аппаратам в депо выполняются следующие работы:

ТО-2, ТО-3	Осмотр и проверка состояния аппаратов без снятия с тепловоза
ТР-1	Снятие с тепловоза и регулировка на стенде реле перехода и реле боксования, приводов электропневматических аппаратов; прожировка манжет. Проверка состояния остальных аппаратов без снятия с тепловоза
ТР-2	Снятие с тепловоза и регулировка на стенде реле перехода, реле боксования и приводов электропневматических аппаратов, прожировка манжет. Проверка состояния остальных аппаратов без снятия с тепловоза
ТР-3	Ревизия со снятием с тепловоза и проверкой на стенде всех контакторов, регулятора напряжения, реле боксования, реле перехода, полупроводниковых аппаратов, приводов электропневматических аппаратов, прожировка манжет. Проверка состояния остальных аппаратов без снятия с тепловоза

Ремонт контакторов. К изнашивающимся частям контакторов следует отнести силовые контакты, дугогасительные рога и катушки, блокировочные пальцы и колодки, гибкие шунты, поршни пневматического управления, электропневматические вентили, дугогасительные камеры.

Увеличенный подгар, а иногда приваривание контактов вызывается: перекосом и недостаточным прилеганием контактов; неправильной формой контактов; недостаточным нажатием, износом осей и втулок приводных рычагов; утечкой воздуха; заеданием поршня; высыханием кожаных манжет электропневматических приводов контакторов; отсутствием провала. Если зазор между осями и втулками больше 0,3 мм, оси необходимо заменить. Заедание поршня устраняют добавлением в цилиндр смазки МВП или ІБ с последующим частым включением и выключением аппарата.

Чтобы обеспечить нормальную работу контакторов и других аппаратов, проверяют основные параметры контактного устройства: провал, раствор, нажатие, профиль контакта и т. д., так как они в процессе эксплуатации изменяются вследствие износа. Как отмечалось выше, провал необходим для компенсации износа контактов. По мере увеличения износа контактов провал уменьшается, что может привести к снижению контактного нажатия и, следовательно, к их нагреву. Место измерения провала показано на рис. 77, в. Провал Б измеряют шупом или специальными шаблонами.

Раствор (разрыв) контактов в эксплуатации зависит от толщины контактов. При новых или восстановленных контактах раствор должен соответствовать техническим требованиям, так как уменьшение раствора может привести к перекрытию контактов. Увеличенный раствор, образующийся при износе контактов, может привести к их перегреву при замыкании. Рекомендуется не допускать

износа контактов больше $\frac{1}{3}$ их толщины. На рис. 77, а буквой А показан раствор контактов. Измерение раствора должно производиться шаблонами или обычным мерительным инструментом.

Нажатие контактов при ремонте необходимо проверять, так как недостаточное начальное нажатие может привести к привариванию контактов, а слабое конечное — к увеличению нагрева контактов. Конечное и начальное нажатия контактов измеряют динамометром. Якорь заклинивают во включенном положении; вставляют между контактами полоску тонкой папиросной бумаги, на подвижной контакт надевают петлю и зацепляют ее динамометром. Затем плавно оттягивают динамометром подвижной контакт до размыкания контактов. Усилие, измеренное в момент сдвигания бумажной полоски, есть конечное нажатие контактов. Момент размыкания контактов при испытании на стенде определяется по загоранию сигнальной лампочки. Для измерения начального нажатия папиросную бумагу подкладывают между подвижным контактом и его упором. Конечное нажатие электропневматического контактора замеряется специальным приспособлением.

Контакты контакторов ПК-753, КПД-46, ПКГ-461, КП-504, КВ-604, КПМ-220 изготавливают из твердотянутой меди; контактора КПД-45 — из меди с напайкой серебра, контакторов КПМ-111, КПМ-121, КПМ-114, ПК-500, КПМ-141, ПК-560 — из металлокерамического сплава. При подгаре медных контактов необходимо зачистить их напильником с мелкой насечкой, снимая в основном выступы и капли металла.

Медные контакты заменяют у электропневматических контакторов при износе более чем на 25% их толщины, у электромагнитных — более чем на половину толщины. Рабочую поверхность изношенных контактов восстанавливают наплавкой медью автогенной горелкой или припайкой пластин из меди, серебра, металлокерамического сплава на основе серебра при помощи газовой горелки или контактной сварки с использованием угольных электродов с последующей механической обработкой до установленных размеров.

Уход за металлокерамическими и серебряными контактами сводится к проверке их состояния и очистке в случае загрязнения замшевой салфеткой или тканой салфеткой, слегка смоченной в бензине, или жесткой волосистой щеткой. При появлении на контакте наплывов их следует осторожно удалить напильником с мелкой насечкой.

Серебряные блокировочные контакты, как правило, только периодически очищают от загрязнений замшевой салфеткой. Они служат безотказно до заводского ремонта, а в некоторых случаях и дольше. Серебряные и металлокерамические контакты заменяют только после полного износа напаек.

Установленные на аппарат контакты следует проверить на прилегание. Подвижной и неподвижный контакты при включенном положении аппарата должны прилегать по линии не менее 80% ширины контакта. При износе на половину толщины пальцев

блокировочных контактов или медных пластин они должны быть заменены новыми. При ослаблении деталей крепежа в отверстиях контактной пластины и изоляционной колодки должна быть нарезана новая резьба под следующий больший размер с соответствующей заменой болта и винта.

Дугогасительные камеры и катушки при всех видах технического обслуживания и ремонта очищают от нагара и копоти напильником или наждачным полотном. Дугогасительные камеры заменяют, если в перегородках имеются трещины или отколы. Необходимо следить за креплением гаек и правильностью установки камер. У дугогасительных катушек подгоревшие места наплавляют медью, соединения катушек с кронштейнами переклепывают, поврежденную изоляцию восстанавливают.

Многовитковые катушки реле, вентилях с поврежденной изоляцией из-за межвитковых замыканий и пробоя заменяют. Катушки наматывают на станках с ручным приводом; для отсчета витков используют счетчик частоты вращения. При изготовлении катушек необходимо обращать внимание на плотность укладки витков (наличие провалов приводит к межвитковым замыканиям и пробоям). После намотки катушки сушат при температуре 100—110° С в течение 2—3 ч, пропитывают в лаке и вновь сушат при этой же температуре 10—12 ч. Взамен пропитки можно производить компаундировку катушек. Перед компаундировкой катушки обматывают временным биндом, который затем снимают.

Компаундированные или пропитанные катушки изолируют тремя слоями лакоткани и одним слоем стеклоленты вполуперекрещу, покрывают бакелитовым лаком, накладывают шнуровой бинд и покрывают лаком БТ-99. Выводные зажимы протирают бензином, затем катушки сушат на воздухе 2—3 ч. После этого катушки проверяют на межвитковое замыкание, испытывают на пробой, определяют омическое сопротивление и габариты.

На соединительных шинах, выводах и проводах восстанавливают поврежденную изоляцию, зачищают и лудят контактные поверхности, затягивают болты, заменяют шайбы и пр. Наконечники заменяют при изломах проводов в них более 10%, при уменьшении поверхности зажима вследствие излома или оплавления более 20%, следах перегрева и отжига проводов. Наконечники для гибких соединений, сплетенных из медной проволоки марки ПЩ, часто изготавливают из медных или латунных трубок, а для гибких соединений из медной фольги (толщиной 0,1 мм) — из полоски, изогнутой в виде буквы П.

Пайку наконечников гибких соединений, шин и контактных поверхностей производят на аппарате контактной сварки, а также паяльником с использованием припоя ПОС-30.

Электропневматические приводы при всех видах ремонта проверяют на четкость включения при минимальном давлении (375 кПа) и на воздухопроницаемость при включенном положении и максимальном давлении (700 кПа). Вляя работа электропневматического привода происходит в большинстве слу-

чаев из-за потери эластичности кожаных манжет вследствие их усыхания. При проверке новых аппаратов и при текущих ремонтах ТР-1 эластичность кожаных манжет может быть восстановлена обильным смазыванием смазкой 1Б с последующим ее втиранием.

Манжеты, снятые с работавших аппаратов, очищают от загрязнений, проверяют на отсутствие разрывов и расслоений и зачищают затвердевшие и зашлифованные места на рабочих поверхностях. При текущих ремонтах ТР-2 и ТР-3 кожаные манжеты прожировывают в специальной ванне составом, состоящим из касторового масла (88%) и пчелиного воска (12%). Прожированные манжеты должны быть темно-коричневого цвета, упругими, с ровными гладкими краями. Хранят их в плотно закрывающемся сосуде. Перед постановкой в цилиндр края собранных на поршне манжет покрывают касторовым маслом, а всю их поверхность — слоем графитной смазки. В цилиндр собранного привода вливают 3 см³ смазки МВП (приборной) или 1Б, после чего дают несколько включений для приработки. Разборку и сборку пневматических приводов ведут на специальном приспособлении.

В контакторах ПК-753Б может быть произведена замена кожаных манжет на резиновые без изменения привода. Перед установкой резиновую манжету и внутреннюю поверхность цилиндра покрывают смазкой ЦИАТИМ-221 и на каждом текущем ремонте ТР-1 в цилиндр привода добавляют 3 г этой же смазки. Резиновые манжеты прожировки не требуют.

У электропневматических вентилей возможна утечка воздуха из-за загрязнения клапанной пары или нарушения ее притирки. В этом случае загрязненные клапаны и втулки необходимо промыть бензином или керосином, а затем просушить. Если промывка не помогает, вентиль снимают и притирают клапан. Притирают пастой ГОИ, разбавленной машинным маслом. После притирки клапан и втулку промывают в керосине и продувают воздухом. Испытывают вентили на утечку и на плотность клапанной системы на стенде. Утечка воздуха при включенном положении вентиля означает неисправность верхнего клапана, при выключенном положении — нижнего клапана.

Утечка воздуха через атмосферное отверстие считается допустимой, если при давлении сжатого воздуха 500—700 кПа мыльный пузырь держится не менее 5 с. Воздушный зазор замеряют специальным шаблоном. Не редки случаи образования в крышках трещин, изготовленных из цинкового сплава.

Реверсоры. Неподвижные пальцевые силовые контакты реверсоров могут перегреваться из-за слабого нажатия, загрязнения контактного барабана, неправильного взаимного расположения блокировочного и силового барабанов. У правильно собранного реверсора пальцевые контакты силового барабана должны замыкаться раньше на 1°, чем пальцевые контакты блокировочного барабана. В этом случае тяговая схема тепловоза собирается без гока.

Практически опережение включения пальцевых контактов силового барабана трудно проверить, поэтому следует руководствоваться линейным размером этого опережения, равным 3 мм, т. е. в момент замыкания блокировочных контактов силовые неподвижные контакты должны отстоять от края подвижных силовых контактов (сегментов) или нейтральной вставки на 3 мм. При ремонте ТР-3 реверсор снимают и проверяют очередность замыкания пальцев прибором (тестером, мегаомметром) или контрольной лампой.

Поверхность подвижных силовых контактов не должна иметь риск и других механических повреждений. Разрешается заварка повреждений и трещин сегментов после снятия их с изоляционных валов и стоек с последующей зачисткой и проверкой на станке собранного барабана. Нормальное касание силовых контактов должно быть по прямой длиной не менее 80% ширины контакта.

Контактное нажатие силового пальцевого контакта регулируют пружинами со шпильками или болтами, а блокировочного — подгибкой контакта и его упора. Контролируется нажатие динамометром. Толщина пальцевых силовых контактов в эксплуатации должна быть не менее 3 мм. Блокировочные пальцевые контакты, потерявшие упругость, имеющие трещины или износ более половины их толщины, заменяются.

С 1961 г. на реверсорах ПР-1М пальцевые силовые контакты выполняют самоустанавливающимися. Снятые с реверсора пальцевые контакты переделывают на самоустанавливающиеся путем постановки штифта со сферической головкой. Самоустанавливающиеся пальцевые контакты облегчают регулировку прилегания и правильность установки. Ремонт приводов реверсоров с кожаными манжетами выполняется так же, как ремонт приводов электропневматических контакторов.

Характерные неисправности переключателя (реверсора) ППК-8601: ослабление контактодержателей и перегрев контактов. Перегрев контактов может происходить из-за ослабления заклепок, соединяющих гибкий шунт с подвижным контактом, ослабления нажатия на контакты. Нажатие на контакты регулируют при помощи гайки и пружины.

При осмотре контролируют смещение кулачковых элементов относительно кулачковых шайб (допускается до 3,5 мм) и касание контактов (не менее 80% их ширины).

Контроллеры. При ремонте ТР-1 и ТР-2 проверяют последовательность замыкания пальцев, состояние шунтов и проводов, их крепление, легкость поворота роликов, плотность штифтов. У контроллеров часто обнаруживается износ деталей блокировочного устройства (храповиков, фиксатора, шестерен), втулок, валов, осей и т. д. Большой износ определяют по увеличенным люфтам. В этом случае блокировочное устройство разбирают, детали осматривают и измеряют. При толщине зуба меньше допустимой шестерню или сектор заменяют. На рычагах и фиксаторе разрешается наплавлять выработку. Все работы, касающиеся восстановле-

ния изношенных деталей, необходимых натягов или зазоров, выполняются при текущем ремонте тепловоза ТР-3.

Аппараты разные. У предохранителей разборных наиболее часто происходит оплавление медных наконечников и выплавление трубки корпуса. Поврежденные детали заменяют. Плавкие вставки в случае сильного окисления, надломов, местного уменьшения площади сечения, следов чрезмерного нагрева также заменяют. В депо плавкие вставки поставляют централизованно; как исключение, они могут быть изготовлены из цинкового листа с использованием шаблонов.

При ремонте резисторов заменяют проволоки. У трубок ПЭ с эмалевым покрытием необходимо удалить старую проволоку и эмаль, произвести намотку новой проволоки и покрыть стекловидной эмалью, состоящей из борной кислоты, свинцового глета и перекиси марганца.

У резисторов типа СР используются работавшие фарфоровые трубки, которые повреждаются редко. Намотку проволоки диаметром до 1 мм производят вручную, а большего диаметра — на станке. Резисторы КФ и ЛС ремонтируют путем замены поврежденных элементов новыми.

Регуляторы и реле при ремонте осматривают и заменяют изношенные контакты и поврежденные детали (катушки, изоляторы, резисторы, провода) заменяют. Проверка работы регуляторов и реле состоит из внешнего осмотра аппарата, проверки его действий, отсутствия заеданий в подвижной системе свободного вращения и четкого возвращения якоря в исходное положение, измерения разрыва и провала контактов. Регулировку проводят на стенде по параметрам, указанным в гл. 2 (в основном на ток срабатывания и отпадания), с последующей проверкой или дополнительной настройкой на тепловозе.

При каждом техническом обслуживании ТО-3 полупроводниковые блоки и аппараты управления продувают сухим сжатым воздухом, загрязненные детали очищают, проверяют крепление деталей. Особое внимание уделяется плотности прилегания диодов к радиаторам охлаждения.

При ремонте у вентилей (диодов) и блоков проверяют значение прямого падения напряжения и обратного тока, а также параметры срабатывания тиристоров и узлов на специальных стендах. В случае каких-либо отклонений или нарушений проверяют исправность элементов блока по паспортным данным. Неисправные элементы заменяют новыми. При проверке сопротивления изоляции электрических цепей тепловозов мегаомметром блока и аппараты, содержащие полупроводниковые элементы, необходимо отключить или закоротить полупроводниковые элементы.

Магнитные усилители и трансформаторы периодически очищают, проверяют детали крепления и проверяют сопротивление изоляции.

Механическими повреждениями деталей измерителя электроманометра и указателей электроманометра и электротермометра

являются трещины, погнутости, повреждения резьбы. Если крышки, корпуса, диафрагмы, основания имеют трещины, их заменяют новыми. Сорванную резьбу восстанавливают. Штепсельные вилки с подгарами, трещинами, дефектной резьбой также заменяют.

Потенциометры заменяют при обнаружении перетирания проводов щетками, излома корпуса или трещины. При износе провода больше чем на половину, трещине его также заменяют, а новый провод наматывают на очищенную поверхность. Обмотку лакируют бакелитовым лаком, сушат на воздухе и в печи при температуре 60—80° С.

Измеритель электротермометра разбирают при пробое изоляции, повреждении спирали, трещинах в трубке и восстанавливают или заменяют соответствующие детали. Логометры и подвижную часть разбирают при обрыве или замыкании витков катушки, изломе стрелки или неплавном ходе. Если стрелка указателя устанавливается нечетко и колеблется 2—3 с, это указывает на размагничивание постоянного магнита. Исправные катушки пропитывают бакелитовым лаком и сушат на воздухе. В исправном приборе подвижная система должна свободно вращаться в опорах. Между стрелкой и циферблатом имеется зазор 0,8—1,5 мм, сопротивление изоляции катушек логометра равно 15—20 МОм, а нажатие щетки на потенциометр составляет 15—32 Н.

Ремонт дифференциального манометра сводится к замене неисправных контактов и добавлению или замене жидкости. У рычагов приводов часто изнашиваются втулки и оси, разрабатываются отверстия, изнашиваются опорные кромки якорей и других деталей. Наибольшему износу подвержен шарнир у рычага контактора ПК-753. Зазор между втулкой и осью в рычаге не должен превышать 0,3 мм. При большем зазоре меняют втулку, так как при этом восстанавливается до нормы и натяг втулки в отверстие рычага, и зазор между втулкой и осью.

У электромагнитных контакторов и реле, кроме износа осей и втулок, изнашиваются опорные поверхности якорей и других деталей. На призматических опорных кромках якорей и скобах контакторов не должно быть загонов и отколов.

ГЛАВА IV

БЕСКОНТАКТНЫЕ БЛОКИ И РЕГУЛЯТОРЫ

22. БЕСКОНТАКТНЫЕ БЛОКИ

Бесконтактный тахометрический блок БА-430. Для получения выходных напряжений, пропорциональных частоте вращения вала дизеля, используются тахометрические блоки. На тепловозах первых выпусков типов ТЭ10 и ТЭП60 для этой цели устанавливались тахогенераторы (на тепловозах ТЭЗ они применяются и сейчас). Тахогенераторы постоянного тока имеют ряд существенных недостатков. Они не обеспечивают точность регулирования, стабильность характеристики и надежность. Это происходит из-за реакции якоря, изменения переходного сопротивления щеточного контакта, гистерезиса магнитной цепи, изменения тока возбуждения тахогенератора вследствие нагрева обмоток и т. д. Поэтому в системах регулирования возбуждения тяговых генераторов взамен тахогенераторов используется бесконтактное тахометрическое устройство (БТ).

Тахометрическое устройство включает в себя: насыщающийся трансформатор $Tr1$ (рис. 113, а), компенсирующий трансформатор $Tr2$, выпрямительный мост, сглаживающий фильтр (состоящий из дросселя Dr и конденсатора C) и резистор R . Тороидальный сердечник $Tr1$ выполнен из пермаллоя, а сердечник $Tr2$ — из альсифера с малой магнитной проницаемостью. Обмотки трансформаторов залиты эпоксидным компаундом.

Напряжение от синхронного подвозбудителя подается на первичные обмотки трансформаторов $Tr1$ и $Tr2$, включенные последовательно и согласно. Среднее значение напряжения вторичной обмотки U_2 трансформатора $Tr1$ зависит только от частоты питающего напряжения (рис. 113, б), так как сердечник этого трансфор-

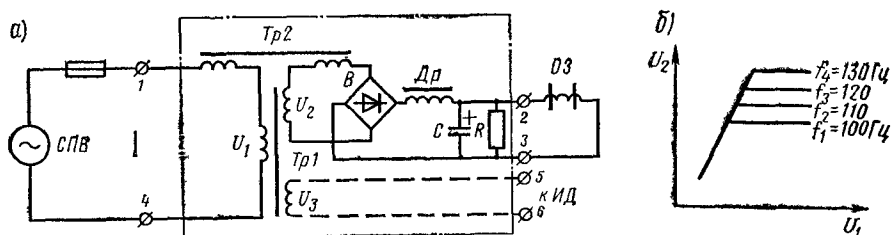


Рис. 113. Схема бесконтактного тахометрического блока БА-420 (а) и статическая характеристика БТ (б):

СПВ — синхронный подвозбудитель; ОЗ — задающая обмотка амплитаста; $Tr1$, $Tr2$ — трансформаторы; В — выпрямительный мост на кремниевых диодах; Dr — дроссель; C — конденсатор; ИД — индуктивный датчик

матора имеет прямоугольную петлю гистерезиса. Практически кривая намагничивания насыщающегося трансформатора из-за петли гистерезиса отклоняется от идеальной, вследствие чего образуются погрешности при изменении частоты. Для снижения погрешности применен трансформатор *Тр2*; вторичные обмотки *Тр1* и *Тр2* включены последовательно и встречно. Электродвижущая сила вторичной обмотки *Тр2* компенсирует ту часть э. д. с. вторичной обмотки *Тр1*, которая вызывается изменением намагничивающего тока при насыщении сердечника.

Ранее применявшийся тахометрический блок БА-420 отличается от БА-430 отсутствием дополнительной вторичной обмотки трансформатора *Тр1* для питания индуктивного датчика *ИД*. Детали блока размещены в корпусе, закрываемом крышкой. Выпрямительный мост *В* состоит из четырех диодов типа Д231Б, укрепленных на радиаторах. Конденсатор *С* и мост *В* смонтированы на изоляционной панели. Трансформаторы установлены друг на друге и стянуты шпилькой. Дроссель *Др* имеет Ш-образный сердечник, дающий возможность регулировать воздушный зазор. Блок снабжен штепсельным разъемом.

На тепловозах 2ТЭ116 установлен блок тахометрический типа БА-430, который отличается от блока БА-420 параметрами и наличием дополнительной вторичной обмотки трансформатора *Тр1* (на рис. 113, *а* она показана штриховой линией) для питания индуктивного датчика *ИД*. Тахометрические блоки имеют следующую техническую характеристику:

	БА 420	БА 430
Напряжение питания, В	110	250
Частота питания, Гц	50—133	55—220
Спротивление нагрузки, Ом	30	60
Максимальный ток нагрузки, А	1,5	0,75

Бесконтактный блок заряда батареи типа ПВК-6011 (ДЗБ). Блок обеспечивает заряд аккумуляторной батареи и предотвращает протекание тока от нее через якорь вспомогательного генератора (или стартер-генератора для 2ТЭ116). Кремниевый диод типа ВК2-200-6Б включается между вспомогательным генератором *ВГ* и резистором заряда батареи *СЗБ* таким образом, чтобы ток мог проходить от генератора к батарее (рис. 114, *а*). Ток не будет проходить, если напряжение вспомогательного генератора станет ниже напряжения аккумуляторной батареи. Диоды с воздушным охлаждением могут работать при температуре окружающей среды от -40 до $+120^{\circ}\text{C}$, значительной влажности и вибрации. Однако эти диоды обладают небольшой перегрузочной способностью; для защиты их от перегрузки используют предохранитель ПР-2. Блок (рис. 114, *б*) представляет собой пластмассовую панель, на которой при помощи скобы крепится диод. Диод и его присоединения закрыты кожухом. Панель соединена с воздухопроводом так, что радиатор диода обдувается воздухом.

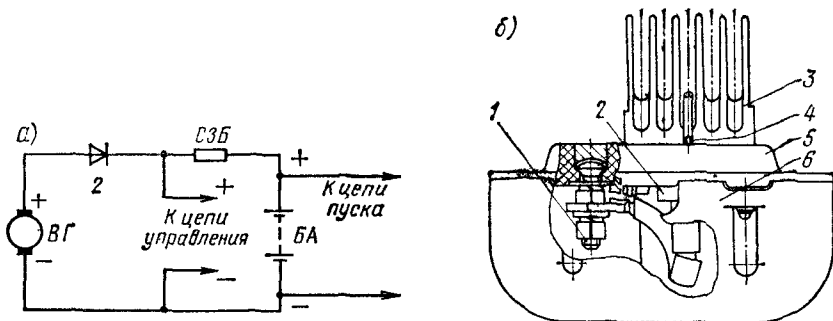


Рис. 114. Узел заряда батареи на полупроводниковом диоде:

а — схема; б — безконтактный блок ПВК-6011; 1 — выводной зажим; 2 — Вентиль кремниевый; 3 — радиатор; 4 — скоба; 5 — панель изоляционная; 6 — кожух

Номинальное напряжение блока 75 В, ток заряда 150 А, скорость охлаждающего воздуха не менее 12 м/с.

Блок пуска дизеля типа БПД-3. В блок входит узел контроля частоты вращения коленчатого вала дизеля и выработки временных интервалов (рис. 115). Узел контроля частоты включает $Tr2$, $ВУ2$ и $ВУ3$ с цепями питающих элементов ($R16$, $CT4$, $R17$ и $CT5$) и исполнительное реле $P4$. Узел выработки временных интервалов состоит из генератора импульсов ($T1$, $Tr1$, $R1$, $R2$, $R4$, $R5$, $C2$, $D2$, $CT2$), предназначенного для выработки временных интервалов; интегрирующей цепочки ($R23$, $R7$, $R8$, $C10$ и $R9$, $C4$, $C6$, $R10$); усилителя ($T2$, $T3$, $D3$, $D4$, $CT2$, $CT3$, $ВУ1$) и исполнительных реле $P1$, $P5$, $P2$, $P3$.

Блок БПД обеспечивает: выдержку времени 60 с, необходимую для предварительной прокачки масла (1-я выдержка); выдержку времени 3 с, защищающую СТГ от длительных пусковых токов при

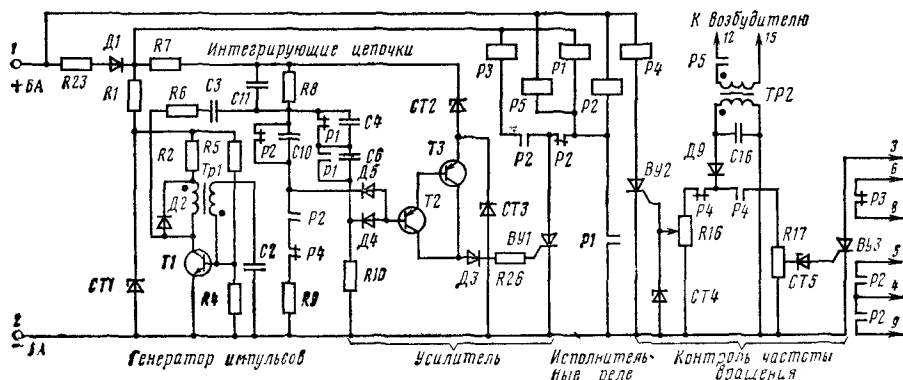


Рис. 115. Принципиальная схема блока пуска дизеля тепловоза 2ТЭ116:

$T1 - T3$ — транзисторы; $ВУ1 - ВУ3$ — тиристоры; $P1 - P5$ — реле; $Tr1$, $Tr2$ — трансформаторы; $R1$, $R2$, $R4 - R10$, $R16$, $R17$, $R23$, $R26$ — резисторы; $D1 - D5$, $D9$ — диоды; $CT1 - CT5$ — стабилитроны; $C2 - C4$, $C6$, $C11$, $C16$ — конденсаторы; 3 — к РУ9; 4, 5, 9 — к пусковым контактам; 6, 6 — к реле КМН

затрудненном пуске (2-я выдержка); выдержку времени 12 с, предотвращающую разряд БА при затянувшихся пусках (3-я выдержка); отключение пусковых контакторов по окончании пуска дизеля.

В процессе пуска дизеля после срабатывания реле РДМ-3 подается питание на вход блока. Диод Д4 запирается вследствие прохождения по R10 тока заряда С6, и транзисторы Т2, Т3 закрываются. Когда напряжение заряда С6 станет равным напряжению пробоя СТ2, транзисторы Т2 и Т3 открываются. На электрод управления тиристора ВУ1 подается ток, и он открывается. Это вызывает срабатывание реле Р1, Р2 и Р5. Замыкающие контакты Р1 обеспечивают питание своей катушки и катушек Р2 и Р5, а также закорачивание С6. Размыкающие контакты Р1 вводят в работу интегрирующую цепочку С4—R10. Контакты реле Р2 замыкают цепь питания катушек пусковых контакторов Д1 и Д2. Этим заканчивается 1-я выдержка времени.

Одновременно замыкающие контакты Р2 подготавливают цепь включения катушки Р3—тиристор ВУ1 закрывается. Еще две пары контактов реле Р2 собирают интегрирующую цепочку С10—R9. Таким образом, как только начинает проворачиваться коленчатый вал дизеля, включаются в работу две интегрирующие цепи С4—R10 и С10—R9 и начинается отсчет времени—2-я и 3-я выдержки времени. Если при включении пусковых контакторов коленчатый вал дизеля не начал вращаться, то после заряда С10 до напряжения, равного напряжению пробоя СТ2, открывается ВУ1 и включает Р3, контакты которого разрывают цепь питания катушки контактора КМН, и схема пуска разбирается (2-я выдержка).

При нормальном развороте коленчатого вала напряжение возбuditеля В (зажимы 12, 15), подаваемое через замыкающий контакт реле Р5 к трансформатору Тр2, вызывает включение ВУ2. Реле Р4 сработает и отключит контур С10—R9. При увеличении частоты вращения дизеля примерно до 300 об/мин напряжение возбuditеля увеличится. Когда напряжение, снимаемое с R17, превысит пробивное напряжение СТ5, откроется тиристор ВУ3, включенный в цепь питания катушки РУ9, и схема пуска дизеля разберется. Если частота вращения вала дизеля растет медленно и заряд С4 до напряжения, равного напряжению пробоя СТ2, произойдет раньше, чем включился ВУ3, то тиристор ВУ1 включит Р3 и цепь пуска дизеля разберется (3-я выдержка).

Блок пуска компрессора БПК (рис. 116). Тормозной компрессор приводится электродвигателем К, получающим питание от стартер-генератора СТГ, а не от аккумуляторной батареи, так как двигатель К потребляет большое количество энергии. Включение и отключение К осуществляются автоматически при помощи реле давления воздуха компрессора РДК. При давлении воздуха в тормозной системе 900 кПа контакты реле РДК размыкаются, а при понижении давления до 750 кПа—замыкаются. Блок БПК обеспечивает плавный пуск электродвигателя К путем снижения напряжения СТГ до 22—25 В в течение 2—5 с перед включением си-

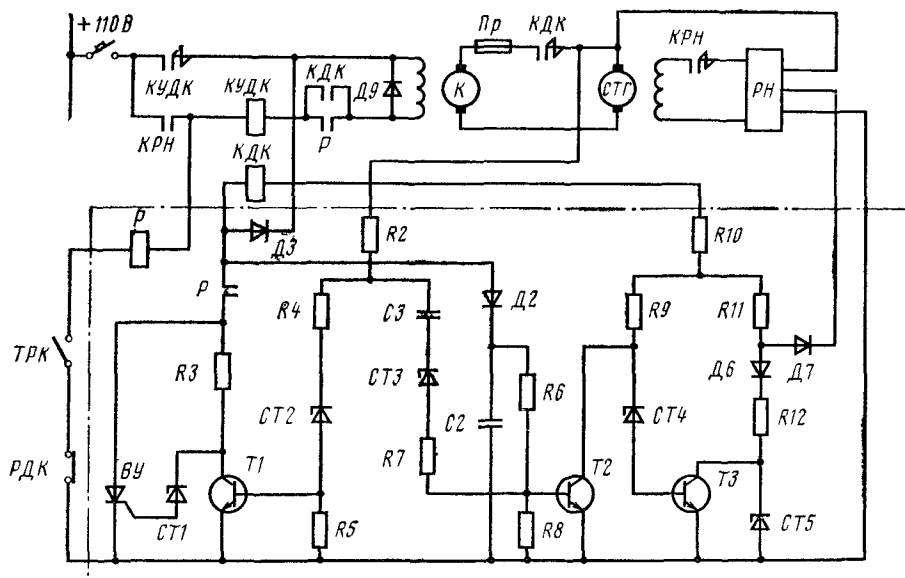


Рис. 116. Принципиальная схема блока пуска компрессора:

К — электродвигатель компрессора; *СТГ* — стартер-генератор; *РН* — регулятор напряжения; *КРН* — контактор регулятора напряжения; *КДК* — контактор двигателя компрессора; *КУДК* — контактор управления двигателем компрессора; *Р* — реле; *ТРК* — тумблер компрессора; *РДК* — реле давления воздуха; *ВУ* — тиристор; *С2*, *С3* — конденсаторы; *Т1—Т3* — транзисторы; *СТ1—СТ5* — стабилитроны; *Р2—Р12* — резисторы; *Д2*, *Д3*, *Д6*, *Д7*, *Д9* — диоды; *ПР* — предохранитель

лового контакта контактора *КДК* электродвигателя компрессора *К*. После включения контактора *КДК* напряжение *СТГ* увеличивается до 110 В. Блок БПК (тепловоз 2ТЭ116) состоит из узла управления включением контактора *КДК* и управления регулятором напряжения РНТ-6 стартер-генератора.

К первому узлу относятся: реле *Р*, тиристор *ВУ*, транзистор *Т1*, стабилитроны *СТ1* и *СТ2* и резисторы *Р2—Р5*. Второй узел представляет собой усилитель постоянного тока, в который входят: транзисторы *Т2* и *Т3*, стабилитроны *СТ3*, *СТ4*, диоды *Д2*, *Д6*, *Д7*, резисторы *Р6—Р12*.

Остальные элементы выполняют в основном защитные функции транзисторов и тириستоров и на рис. 116 не показаны. В исходном положении тумблер компрессора *ТРК* и контакты контактора реле напряжения *КРН* замкнуты, а контакты *РДК*, *КДК* и *КУДК* (контактор управления двигателем компрессора) разомкнуты. Напряжение *СТГ* подается к резисторам *Р2*, *Р4*, стабилитрону *СТ2*, резистору *Р5*. Ток проходит по переходу база — эмиттер транзистора *Т1*. При уменьшении давления воздуха в тормозной системе до 750 кПа замыкаются контакты *РДК* и срабатывает реле *Р* («+», *КРН*, *Р*, *ТРК*, *РДК*, «—»). Контакты реле *Р* замыкают цепь питания катушки контактора *КУДК* («+», *КРН*, *КУДК*,

«—»). Через замкнутые силовые контакты *КУДК* подходит ток к обмотке возбуждения двигателя *К*, к катушке *КДК*, к базово-эмиттерному переходу транзистора *T2* (диод *D2*, *R6*, *R8* и *б—э T2*), в результате чего транзистор *T2* переходит в открытое состояние («+», *КУДК*, *R10*, *R9*, *к—э* переход *T2*).

Потенциал кагода *СТ4* становится близким к нулю, и транзистор *T3* остается в закрытом состоянии. Минусовый вывод катушки *КДК* соединен с резистором *R3* и анодом тиристора *ВУ*. Так как по *б—э* переходу *T1* проходит ток, то *T1* переходит в открытое состояние и ток пойдет по *R3* переходу *к—э T1*. Тиристор *ВУ* находится в закрытом состоянии, а ток, проходящий через катушку *КДК*, диоды *D2*, *D3* и реле *P3*, недостаточный для включения контактора *КДК*. При закрытом транзисторе *T3* на аноде *D6* и *D7* будет большой потенциал, и через *D7* ток потечет в *РН* стартер-генератора, который вызовет переход мультивибратора в автоколебательный режим. Ток возбуждения стартер-генератора уменьшается и, следовательно, снижается напряжение *СТГ*. Когда оно достигнет такого значения, что напряжение, приложенное к *СТ2*, станет меньше пробивного, ток базы *T1* уменьшится до нуля и *T1* закроется.

Потенциал коллектора *T1* повысится, *СТ1* пробьется и *ВУ* перейдет в открытое состояние; контактор *КДК* включится. Напряжение *СТГ* к этому времени уменьшится до 22—25 В, и большого броска тока в якоре электродвигателя *К* не будет. При этом шунтируется цепь *D2*, *R6*, *R8*, транзистор *T2* начинает закрываться. Время закрытия определяется разрядом конденсатора *C2* и *б—э* переход *T2*.

После закрытия *T2* напряжение на его коллекторе растет, *СТ4* пробивается и *T3* открывается, вследствие чего прекращает течь ток по *D7*. Мультивибратор в *РН* затормаживается, и напряжение *СТГ* быстро растет (достигает 35—40 В за 0,4 с) с тем, чтобы преодолеть момент сопротивления компрессора. Когда напряжение *СТГ* достигнет 35—40 В, пробивается *СТ3* и по цепи *СТ3*, *R7*, *R8* потечет ток заряда *C3*. Если напряжение *СТГ* увеличивается быстро, открывается *T2*, а *T3* закрывается; скорость нарастания напряжения *СТГ* уменьшается.

После увеличения напряжения *СТГ* до номинального (110 В) *C3* полностью зарядится, блок пуска компрессора перестает воздействовать на *РН*. При этом тиристор *ВУ* и транзистор *T3* открыты, а *T1* и *T2* закрыты. Когда давление воздуха в тормозной системе достигнет 900 кПа, реле *РДК* размыкает свои контакты, цепь питания блока и контактора *КДК* разрывается и электродвигатель *К* отключается.

Параллельное включение блокировочных контакторов *КДК* и реле *P* определяет последовательность отключения контакторов *КУДК* и *КДК*.

Контактор *КУДК* отключается после отключения *КДК*, чем предотвращается работа *К* без возбуждения, что может вызвать недопустимый бросок тока.

23. БЕСКОНТАКТНЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ НАПЯЖЕНИЯ

Регулятор напряжения типа БРН-3В (РН) Регулятор поддерживает постоянным напряжение вспомогательного генератора при изменении частоты вращения его вала и нагрузки. Точность поддержания $75\text{В} \pm 1\%$. Регулятор состоит из измерительного и регулирующего органов.

Измерительный орган (рис 117, а) выполнен по мостовой схеме, в которой стабилизированное напряжение на стабилитронах $СТ3—СТ6$ сравнивается с напряжением вспомогательного генератора $ВГ$. Измерительный орган включает транзисторы $T1—T3$, стабилитроны $СТ3—СТ6$, потенциометр $R2$, резисторы $R1—R5$, диоды $Д1$, $Д7$ и конденсатор $C1$. Стабилитрон $СТ3$ используется как чувствительный элемент, реагирующий на изменение напряжения $ВГ$. Стабилитроны $СТ4$ и $СТ5$ являются термокомпенсаторами. Регулирующий орган включает два тиристора $T4$ и $T5$, диоды $Д8—Д13$, $Д16$, стабилитроны $СТ14$, $СТ15$, $СТ17$, конденсатор $C2$, резисторы $R6$, $R7$ и реакторы $Др1$ и $Др2$. Обмотка возбуждения $Ш1—Ш2$ ($ОВ$) служит нагрузкой для регулирующего органа.

Регулирующий орган представляет собой мультивибратор (рис 117, б), собранный на двух тиристорах $T4$ и $T5$. Элементом управления служит резистор $R6$ на 1200 Ом , обеспечивающий открытие $T4$. Такие схемы позволяют изменять полярность напряжения на силовых электродах тиристора и используются в цепях постоянного тока для запираания тиристора.

После включения рубильника подается отпирающий (положительный) импульс на управляющий электрод тиристора $T4$ через обмотку возбуждения $ОВ$ и резистор $R6$, и тиристор открывается. По обмотке возбуждения вспомогательного генератора потечет значительный ток (через анод — катод $T4$); одновременно конденсатор $C2$ заряжается через $R7$ (полярность «+», «—» указана сплошными линиями). Для закрытия тиристора $T4$ необходимо

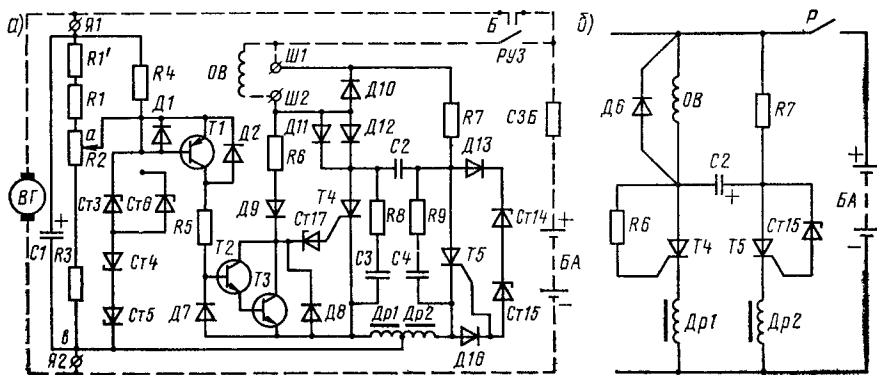


Рис. 117. Бесконтактный регулятор напряжения БРН-3В:

а — схема регулятора; б — схема мультивибратора

подать отпирающий импульс на управляющий электрод тиристора $T5$. По мере накопления заряда и увеличения напряжения на конденсаторе $C2$ пробивается стабилитрон $Ст15$, подается отпирающий импульс на управляющий электрод $T5$ и он открывается.

При отпирании тиристора $T5$ конденсатор $C2$ разряжается через $T5$ и еще открытый $T4$. При этом на тиристор $T4$ мгновенно подается обратное напряжение, которое и закрывает его. После закрытия тиристора $T4$ происходит перезаряд конденсатора $C2$ через обмотку возбуждения $ОВ$ и открытый тиристор $T5$ (полярность указана штриховыми линиями). Тиристор $T4$ открывается, а $T5$ закрывается разрядным током конденсатора, и процесс повторяется с частотой, достигающей 600 Гц.

Схема настраивается движком потенциометра $R2$ таким образом, что при напряжении, равном 75 В, падение напряжения на участке $a—в$ становится равным «напряжению пробоя» стабилитрона $Ст3$, вследствие чего его сопротивление резко падает и транзисторы $T1—T3$ открываются, шунтируя переход «управляющий электрод — катод» тиристора $T4$.

Ток управления падает до нуля, и $T4$ закрывается, следовательно, ток возбуждения уменьшается. Напряжение вспомогательного генератора уменьшается до тех пор, пока падение напряжения на участке $a—в$ не станет ниже напряжения пробоя стабилитрона $Ст3$. Сопротивление $Ст3$ резко возрастает, и транзисторы $T1—T3$ закрываются. При этом схема переходит в режим наибольшей отдачи, т. е. тиристор $T4$ откроется, и по обмотке возбуждения потечет большой ток. Напряжение генератора увеличится, и процесс повторится. В регуляторе возникает колебательный процесс, частота которого зависит от параметров цепи возбуждения вспомогательного генератора (около 60 Гц).

Напряжение генератора регулируется изменением среднего значения тока возбуждения, которое зависит от времени включенного состояния тиристора $T4$ в течение периода колебательного процесса. Диоды $Д8$, $Д9$, $Д13$, $Д16$ предназначены для защиты переходов управляющий электрод — катод тиристоры $T4$ и $T5$ от обратных напряжений, возникающих при перезаряде конденсатора $C2$. Диод $Д8$ также защищает эмиттер-коллекторный переход транзистора $T3$ и переход база — коллектор $T2$.

Диод $Д7$ уменьшает токи утечки $T2$. Диоды $Д11$, $Д12$ (отсекающие) предотвращают самопроизвольные автоколебания. Реакторы $Др1$ и $Др2$ защищают тиристоры от коммутационных импульсов. Цепочки $R9—C4$ и $R8—C3$ повышают помехоустойчивость регуляторов.

На двух панелях, установленных на основании, смонтированы силовые элементы ($T4$, $C2$, $C1$, $Д10—Д12$, $Д1$ и $Д2$), а на печатной плате — элементы измерительного органа. Панели регулятора заключены в металлический кожух, имеющий отверстие для корректировки напряжения потенциометром $R2$. Регулятор подключается в электрическую схему тепловоза через штепсельный разъем.

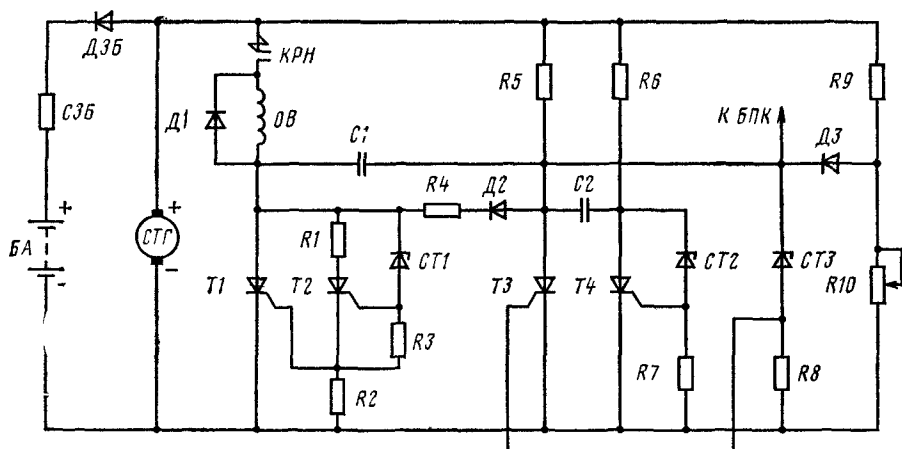


Рис. 118. Принципиальная схема бесконтактного регулятора напряжения РНТ-6: СТГ — стартер-генератор, ОВ — обмотка возбуждения СТГ; КРН — контактор регулятора напряжения; ДЗБ — диод заряда батареи, СЗБ — резистор заряда батареи, Т1—Т4 — тиристоры; БА — батарея аккумуляторная; Д1—Д3 — диоды, С1, С2 — конденсаторы; СТ1—СТ3 — стабилитроны, R1—R10 — резисторы

Тиристорный регулятор напряжения РНТ-6. На тепловозах 2ТЭ116, ТЭ114, ТЭ109 установлен регулятор РНТ-6 для поддержания постоянного напряжения стартер-генератора 110 В при работе его в генераторном режиме. Регулятор состоит из измерительного и регулирующего устройств (рис. 118).

Измеренное устройство включает в себя стабилитрон СТЗ, подключенный к делителю напряжения R9 и R10, питающемуся от стартер-генератора. В измерительном устройстве происходит сравнение регулируемого напряжения с эталонным стабилитроном. Регулирующее устройство состоит из мультивибратора на тиристорах Т3 и Т4 и тиристорного усилителя Т1 и Т2. Тиристор Т2 включен в цепь управляющего электрода силового тиристора Т1.

Регулятор работает следующим образом. После пуска дизеля и включения контактора регулятора напряжения КРН обмотка возбуждения стартер-генератора ОВ включается в цепь тиристора Т1. Выходное напряжение делителя управляет работой мультивибратора, который имеет два режима: автоколебательный и заторможенный. Автоколебательный режим наступает при напряжении стартер-генератора, превышающем 110 В. При этом напряжение делителя, приложенное к диоду ДЗ, больше опорного напряжения стабилитрона СТЗ и он пробивается. Вследствие этого появляется ток в цепи электрода управления тиристора Т3 и он открывается. Через силовые электроды тиристора происходит заряд конденсатора С2. При увеличении напряжения на С2 до значения, вызывающего пробой стабилитрона СТ2, в цепи электрода управления тиристора Т4 появится ток и Т4 откроется. Произойдет разряд конденсатора С2, напряжение обратной полярности прикла-

дывается к $T3$ и закрывает его, т. е. мы имеем автоколебательный режим работы. Этому режиму соответствует закрытое состояние тириستоров $T1$ и $T2$.

Когда напряжение стартер-генератора станет меньше 110 В, напряжение на выходе делителя станет ниже опорного напряжения $CT3$, мультивибратор затормаживается в положении: тиристор $T4$ открыт, а $T3$ закрыт. Срыв автоколебательного процесса мультивибратора приводит к появлению тока в цепи $CT1$, а следовательно, включению тиристора $T2$. При включении $T2$ ток поступает на электрод управления $T1$ и он открывается. Ток в обмотке OB растет, и напряжение стартер-генератора повышается, а при превышении его 110 В тиристор $T1$ закрывается.

Частота включения $T1$ определяется параметрами контура регулирования. Конденсатор $C1$ предназначен для закрытия тиристоров $T1$ и $T2$. Диод $D1$ уменьшает пульсации тока в обмотке возбуждения OB , через него замыкается э.д.с. самоиндукции при закрытии тиристора $T1$.

24. КОМПЛЕКСНОЕ ПРОТИВОБОКСОВОЧНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТЕПЛОВЗОВ 2ТЭ10Л

Не совсем удовлетворительные противобоксовочные свойства тепловозов 2ТЭ10Л вызывают затруднения в эксплуатации. Научно-исследовательские институты транспорта и промышленности совместно с Ворошиловградским тепловозостроительным заводом разработали комплекс устройств, обеспечивающих повышение использования сцепного веса и эффективное обнаружение и прекращение боксования колесных пар.

Исследования показали, что чем круче тяговая характеристика электродвигателя $F_{к\tau д} = f(v)$, тем меньшая вероятность развития боксования. Крутизна тяговой характеристики двигателя боксующей колесной пары зависит от схемы соединения тяговых электродвигателей и характера изменения подводимого к ним напряжения. При параллельном подключении двигателей, которое используется на тепловозах 2ТЭ10Л, и прочих равных условиях крутизна тяговой характеристики будет больше, чем при последовательно-параллельном, примененном на тепловозах ТЭЗ.

Но для условий тепловозной тяги, где генератор имеет гиперболическую характеристику на двух участках внешней характеристики генератора (ограничения пускового тока ab и обеспечения полной мощности bc , см. рис. 3), уменьшение тока генератора сопровождается увеличением его напряжения. Боксование колесных пар на этих участках характеристики генератора вызывает такой же процесс, так как ток соответствующих электродвигателей, а следовательно, и генератора уменьшается. Увеличение напряжения генератора приводит к менее интенсивному уменьшению силы тяги электродвигателей боксующих колесных пар и к некоторому повышению ее у небоксующих, что способствует развитию боксования. С ростом числа боксующих колесных пар ток генератора

уменьшается, а напряжение повышается, и если не принять мер, то боксование может лавинообразно распространиться на все колесные пары.

Влияние внешней характеристики генератора на развитие боксования колесных пар наиболее интенсивно сказывается на участке *аб*, т. е. при трогании и разгоне тепловоза, вследствие большого роста напряжения при незначительном уменьшении тока. После выхода на гиперболическую часть характеристики (*бв*) влияние ее на развитие боксования уменьшается, но и на этом участке характеристики при боксовании колес напряжение генератора также может сильно возрасти.

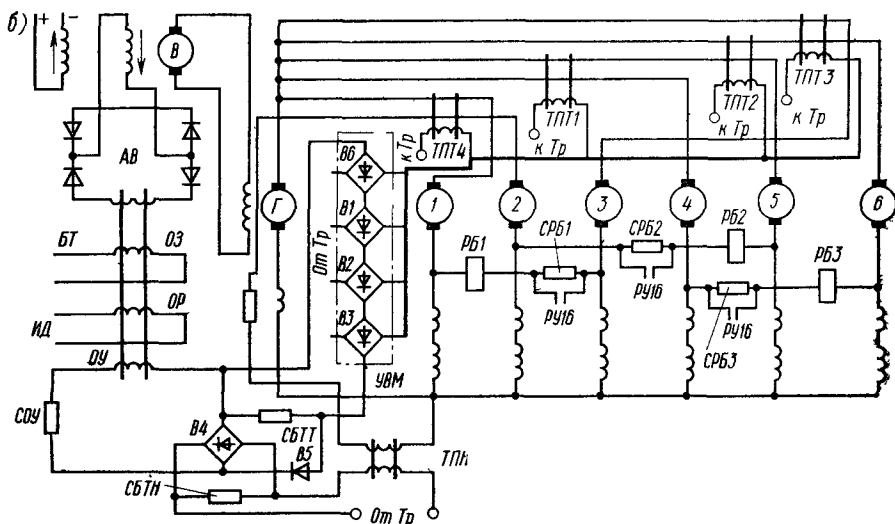
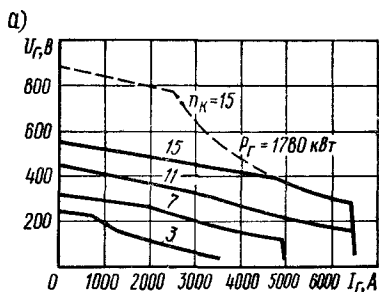
Если напряжение генератора при боксовании остается неизменным, то сила тяги электродвигателей боксующих колесных пар в зависимости от скорости будет уменьшаться более интенсивно, чем при гиперболической характеристике, а сила тяги небоксующих двигателей будет оставаться постоянной. При такой характеристике боксование одной или группы колесных пар не будет вызывать боксование других. Следовательно, при отсутствии боксования генератор должен работать по обычной внешней характеристике, а при возникновении боксования — при постоянном напряжении. Такие характеристики называли *динамическими жесткими характеристиками* генератора по напряжению.

Динамические жесткие характеристики на тепловозах 2ТЭ10Л и 2ТЭ10В получены регулированием возбуждения генератора с использованием сигнала, пропорционального току тяговых электродвигателей небоксующих колесных пар. Для измерения токов в цепи каждого электродвигателя включены трансформаторы постоянного тока ТПТ1-4 (рис 119), сигналы от которых поступают к диодным мостам *В1—В3*, *В6*, включенным последовательно (узел выделения максимального тока *УВМ*), вследствие чего на выходе образуется сигнал, пропорциональный наибольшему из токов тяговых двигателей. Этот сигнал подается в селективный узел, в который поступает также сигнал от трансформатора постоянного напряжения *ТПН*. В селективном узле формируется ток i_y , протекающий по обмотке управления *ОУ* амплистата возбуждения *АВ*. Ток в задающую обмотку поступает от бесконтактного блока задания *БТ*, а в регулировочную — от индуктивного датчика *ИД* объединенного регулятора. От *АВ* через выпрямитель питается обмотка независимого возбуждения возбудителя *В*.

Уменьшение сопротивления движению при отсутствии боксования вызывает одновременное уменьшение токов всех электродвигателей, и, следовательно, напряжение генератора увеличивается по обычной гиперболической характеристике. При боксовании колесной пары ток электродвигателя, связанного с ней, уменьшается, но так как ток электродвигателей небоксующих колесных пар не снижается, то на выходе *УВМ* сигнал не уменьшается. Следовательно, напряжение генератора не увеличивается, т. е. генератор работает по жесткой характеристике. Эта характеристика сохраняется при одновременном боксовании до 5 колесных пар

Рис. 119. Статические жесткие характеристики генератора:

а — характеристики; б — схема работы при боксовании; Г — генератор; I-б — тяговые электродвигатели; ТПТ1—ТПТ4 — трансформаторы постоянного тока; В1—В6 — выпрямительные мосты; РБ1—РБ3 — катушки реле боксования; СРБ1—СРБ3 — резисторы в цепи катушек реле боксования; АВ — амплистат возбуждения; УВМ — узел выделения максимального тока; БТ — бесконтактный тахометрический блок; ИД — индуктивный датчик; ТР — трансформатор распределительный; U_r , I_r — напряжение и ток генератора; 3, 7, 11, 15 — позиции контроллера; пунктиром показана внешняя характеристика генератора при работе с полной мощностью



Для лучшей работы устройств прекращения боксования в схеме тепловоза 2ТЭ10Л внесен ряд изменений: катушки реле боксования включены на обмотки добавочных и главных полюсов электродвигателей, что повысило чувствительность реле в режиме ослабленного возбуждения. На полном поле в цепь катушек реле последовательно включаются добавочные резисторы СРБ1—СРБ3 с тем, чтобы понизить чувствительность реле. Прекращение боксования после срабатывания одного из реле происходит путем частичного снижения напряжения генератора (уменьшения тока задающей обмотки амплистата) со ступенчатым его восстановлением. Одновременно воздействуют на объединенный регулятор дизель-генератора с тем, чтобы ток в регулировочной обмотке амплистата не увеличивался при периодической работе реле боксования, т. е. чтобы мощность генератора не повышалась. Блокируются также контакторы ослабления возбуждения с тем, чтобы они не включались во время работы реле боксования, так как это приводит к возникновению колебания нагрузки.

ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

25. УПРАВЛЕНИЕ ТЕПЛОВОЗОМ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ

Источником энергии на тепловозе является дизель. Дизель может работать при различных значениях мощности (от минимальной до номинальной) и различной частоте вращения. Дизель снабжен регулятором частоты вращения. На большинстве тепловозов установлен центробежный гидромеханический регулятор, поддерживающий частоту вращения дизеля неизменной.

Частота вращения коленчатого вала дизеля, поддерживаемая регулятором, зависит от усилия затяжки его пружины. Машинист, управляя тепловозом, перемещает рукоятку контроллера, которая может занимать ряд позиций (8—16). При перемещении рукоятки специальным устройством дистанционно изменяется усилие затяжки пружины регулятора, и коленчатый вал дизеля приобретает иную частоту вращения. По мере увеличения частоты вращения коленчатого вала увеличивается мощность, которую дизель может отдавать в электропередачу.

Перемещением рукоятки контроллера с позиции «Холостой ход» на рабочие позиции обеспечивается питание цепей катушек реверсора, контакторов возбуждения тягового генератора и поездных контакторов, присоединяющих электродвигатели к тяговому генератору. Кроме того, на различных позициях включается и отключается ряд реле управления. Кнопочные выключатели и автоматы на пульте машиниста служат для включения цепей электродвигателей топливного и маслоподкачивающего насосов, калорифера, пуска дизеля, управления холодильником и жалюзи, освещения и др.

Регулирование напряжения тягового генератора тепловоза ТЭЗ. На тепловозах ТЭЗ применен возбудитель с поперечным расщеплением полюсов. Возбудитель имеет шесть полюсов, четыре из которых со слабым магнитным насыщением, т. е. они являются ненасыщенными полюсами, а два с уменьшенной площадью сечения в верхней части сердечника (магнитные мостики), вследствие чего при некоторых режимах они получают значительное насыщение, т. е. являются насыщенными полюсами. На них расположены параллельная *ШВ—ШШВ* и дифференциальная *О—ОО* обмотки, магнитодвижущие силы которых направлены навстречу друг другу (рис. 120, 121).

Параллельная обмотка через резистор *R2* подключена на напряжение возбудителя. Обмотка дифференциальная с добавочным резистором *R3* присоединена параллельно обмотке добавочных

полюсов *ДП* тягового генератора, поэтому протекающий по ней ток пропорционален току генератора. Ток дифференциальной обмотки равен $1/30—1/50$ тока нагрузки генератора. На ненасыщенных полюсах находится основная обмотка независимого возбуждения (*НВ*—*ННВ*), питаемая током от вспомогательного генератора. Электродвижущая сила, создаваемая этой обмоткой, не зависит от нагрузки. Магнитодвижущая сила (м. д. с.) последовательной обмотки (*КВ*—*ККВ*) действует согласно с м. д. с. независимой обмотки и служит для компенсации размагничивающего действия реакции якоря.

Практически можно считать, что магнитные потоки ненасыщенных и насыщенных полюсов не зависят друг от друга, т. е. что магнитная система возбудителя состоит из двух самостоятельных систем потоков. При малых токах генератора направление магнитного потока насыщенных полюсов определяется потоком параллельной обмотки. Полярность полюсов возбудителя будет при этом такой же, как у обычных генераторов постоянного тока (после полюса *N* идет полюс *S*, далее снова *N* и т. д.) и возбудитель работает как шестиполюсный генератор.

При увеличении тока тягового генератора поток, создаваемый дифференциальной обмоткой, возрастает и в определенный момент становится больше потока параллельной обмотки. При этом полярность насыщенных полюсов изменяется (на рис. 121 полярность указана в скобках) и возбудитель работает как двухполюсный генератор. Распределение потоков показано на рис. 122.

Якорь возбудителя имеет волновую обмотку, поэтому э. д. с., наводимая в проводниках секций, определяется суммой э. д. с., индуцируемых в проводниках всеми шестью полюсами. Изменение направления потока двух полюсов вызовет перемену направления э. д. с., индуцируемой этими полюсами, т. е. она будет вычитаться из э. д. с., индуцируемых потоком остальных четырех полюсов. Такое суммирование или вычитание э. д. с. будет происходить во всех секциях.

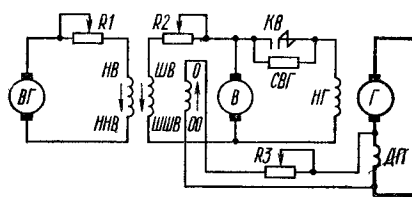


Рис. 120. Упрощенная схема возбуждения генератора тепловоза ТЭЗ

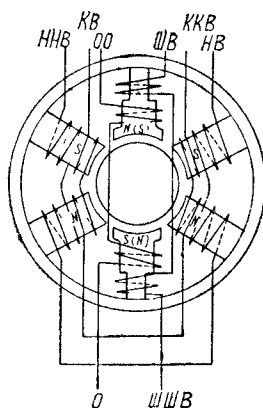


Рис. 121. Схема возбудителя с поперечным расщеплением полюсов

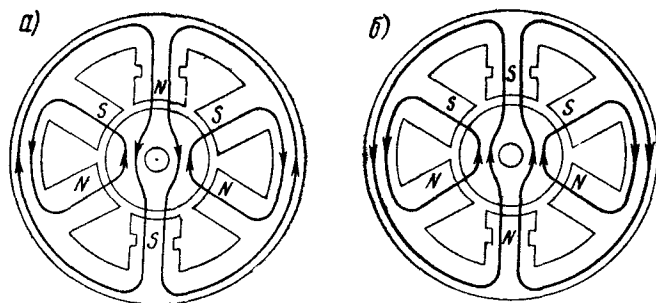


Рис. 122. Распределение потока возбуждателя:

а — полярность при малых токах генератора, б — полярность при больших токах

Поэтому суммарная э. д. с. между щетками возбуждателя равна

$$E_{\text{в}} = E_{\text{I}} + E_{\text{II}},$$

где E_{I} — э. д. с., наводимая в обмотке якоря ненасыщенными полюсами,

E_{II} — э. д. с., наводимая в обмотке якоря насыщенными полюсами.

Таким образом, возбуждатель можно рассматривать как двухполюсный генератор с разделением каждого полюса в поперечной плоскости (по дуге полюсного деления) на три части. Магнитный поток средней части изменяется по значению и направлению в зависимости от соотношения составляющих потоков параллельной и дифференциальной обмоток. Характеристику возбуждателя можно построить графическим способом, аналогичным указанному на рис. 34.

Кроме этих обмоток, на ненасыщенных полюсах расположены обмотки регулировочная и ограничения, которые служат для дополнительного автоматического регулирования мощности генератора и пускового тока.

26. РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

В процессе работы электрической передачи напряжение тягового генератора в основном уравнивает электродвижущую силу противоположного направления (противо-э. д. с.), образующуюся на якорях электродвигателей при их вращении. Кроме того, напряжение падает также на суммарном сопротивлении силовой цепи, в которое входят сопротивления подводных кабелей, обмоток якорей, главных и добавочных полюсов электродвигателей. Однако это напряжение составляет лишь незначительную часть напряжения тягового генератора. Приблизительно можно полагать, что напряжение генератора практически полностью уравнивается противо-э. д. с. тяговых электродвигателей, соединенных последовательно. Примерное равенство противо-э. д. с. электродвигателей и напряжения тягового генератора соблюдается при всех режимах работы электрической передачи.

Чтобы обеспечить полное использование мощности дизеля, электрическая передача должна поддерживать постоянный номи-

нальный момент на валу дизеля при его номинальной частоте вращения во всем диапазоне скоростей движения тепловоза. Выше было показано, что для осуществления этого требования производство тока и напряжения тягового генератора должно быть неизменным¹, т. е. генератор должен иметь на внешней характеристике участок гиперболической формы (см рис. 3).

На характеристике точка *a* соответствует моменту трогания тепловоза с места. В этой точке напряжение генератора будет минимальным, но так как якоря тяговых электродвигателей неподвижны, то на их зажимах против-э. д. с. отсутствует, поэтому из-за малых сопротивлений обмоток якоря, главных и добавочных полюсов электродвигателя падение напряжения в цепи каждого двигателя незначительно. После того как тепловоз тронется с места и якоря электродвигателей начнут вращаться, на их зажимах образуется против-э. д. с. Ее значение пропорционально частоте вращения якорей и току возбуждения, протекающему по обмоткам главных полюсов электродвигателей.

В момент приведения тепловоза в движение желательно поддерживать ток примерно постоянным (см. участок характеристики *ab* на рис. 3). При неизменном токе против-э. д. с. двигателей с последовательным возбуждением будет по мере разгона возрастать в той же степени, что и скорость движения. В такой же степени должно увеличиваться и напряжение тягового генератора. В точке *b* характеристики мощность дизель-генератора возрастает до номинального значения. Дальнейший подъем напряжения при постоянном токе невозможен, так как это вызовет перегрузку дизеля. Участок внешней характеристики *ab* называется *характеристикой ограничения тока*. При последующем разгоне рост напряжения должен сопровождаться снижением тока вдоль гиперболической характеристики.

Участок внешней характеристики *bc* называется *характеристикой ограничения мощности*. В некоторой точке *d* на гиперболической характеристике наступает так называемый *продолжительный режим электрической передачи*. При таком токе, а также и при всех его меньших значениях электрическая передача может работать неограниченно долго, причем электрические машины и аппараты нагреваются в допустимых пределах.

При работе на гиперболической части характеристики ток возбуждения двигателей убывает при росте напряжения. Убывание тока замедляет рост против-э. д. с. двигателей при разгоне. Поэтому на этом участке характеристики при увеличении скорости движения напряжение генератора должно возрастать в меньшей степени, чем скорость. Таким образом, по мере увеличения частоты вращения якорей тяговых двигателей напряжение генератора должно неуклонно возрастать. От точки продолжительного режима до режима конструкционной скорости движения частота вра-

¹ Предполагается, что рукоятка контроллера машиниста поставлена в крайнее положение.

щения электродвигателей изменяется в 4—5 раз, при этом напряжение генератора, если не принять специальных мер, увеличивается в среднем в 2,2 раза.

Чтобы повысить напряжение генератора сверх номинального значения при продолжительном (номинальном) режиме необходимо увеличить размеры и массу генератора, но так как генератор установлен в кузове тепловоза, где габариты жестко ограничены, то необходимо стремиться по возможности уменьшить размеры генератора прежде всего за счет уменьшения диапазона изменения его напряжения. С этой точки зрения приведенное выше значение диапазона (2,2) является совершенно неприемлемым. Стремясь свести диапазон изменения напряжения генератора к допустимому значению (1,5 или менее), принимают специальные меры по регулированию электродвигателей: *ослабление возбуждения и последовательно-параллельное переключение.*

Предположим, что в процессе разгона напряжение генератора уже возросло до максимального значения (точка *в* на внешней характеристике), а скорость движения еще далеко не достигла максимального значения. Если не принять мер, то генератор при дальнейшем разгоне будет работать вдоль участка внешней характеристики *вг* (см. рис. 3). На этом участке напряжение генератора практически не возрастает, следовательно, и противо-э.д.с. электродвигателей при разгоне остается примерно постоянной, что может быть достигнуто только за счет быстрого уменьшения тока. На этом участке ток снижается примерно в такой же степени, в какой возрастает скорость.

На участке *вг* внешней характеристики мощность дизеля уже не будет номинальной (полной) и ее значение быстро снижается из-за уменьшения тока. Чтобы не допустить работы на участке *вг* и потери мощности, применяют ослабление возбуждения (магнитного потока) электродвигателей шунтированием обмоток возбуждения. Обмотки шунтируются в тот момент, когда напряжение генератора приближается к максимальному значению. Включение шунтирующего резистора приводит к тому, что часть тока якоря электродвигателя ответвляется в этот резистор и ток возбуждения электродвигателя, таким образом, значительно уменьшается. Уменьшение тока возбуждения приводит к уменьшению противо-э.д.с. электродвигателя. Напряжение генератора вследствие этого в первый момент начинает значительно превосходить противо-э.д.с. электродвигателей, что приводит к резкому возрастанию тока.

При гиперболической внешней характеристике генератора увеличение тока приводит к соответствующему снижению напряжения генератора. При каком-то значении тока (большем, чем исходное значение, при котором включались резисторы) напряжение генератора вновь приблизится к противо-э.д.с. электродвигателей и уменьшится настолько, что увеличение силы тока прекратится.

Таким образом, при ослаблении возбуждения ток генератора возрастает, а напряжение убывает вдоль гиперболической харак-

теристики, но частота вращения электродвигателей за это время не успевает практически измениться, т. е. без изменения режима движения тепловоза. Режим генератора (и электродвигателей) изменяется так, что появляется возможность повышения напряжения генератора при дальнейшем разгоне. Другими словами, при подключении шунтирующих резисторов гиперболический участок внешней характеристики генератора при разгоне может использоваться дважды.

Обычно применяют две ступени ослабления возбуждения, что позволяет трижды использовать во время разгона тепловоза один и тот же гиперболический участок внешней характеристики генератора и при широком диапазоне изменения скорости движения тепловоза добиться сравнительно узкого диапазона изменения напряжения генератора.

В качестве примера рассмотрим работу электрической передачи тепловоза ТЭЗ в процессе разгона и замедления поезда. В начале разгона поезда ток генератора поддерживается почти постоянным — равным примерно 3300 А. Мощность дизеля в этой зоне используется не полностью, так как напряжение незначительно (участок *аб*, рис. 123). С увеличением скорости движения нагрузка падает, и при токе генератора I_r , равном 3200 А, и скорости v , равной 14 км/ч, начинается работа по гиперболической части характеристики. С этого момента генератор снимает с дизеля полную мощность, и, как только скорость тепловоза v будет равна 28 км/ч, что соответствует току $I_r = 1940$ А, в тяговых электродвигателях совершится переход

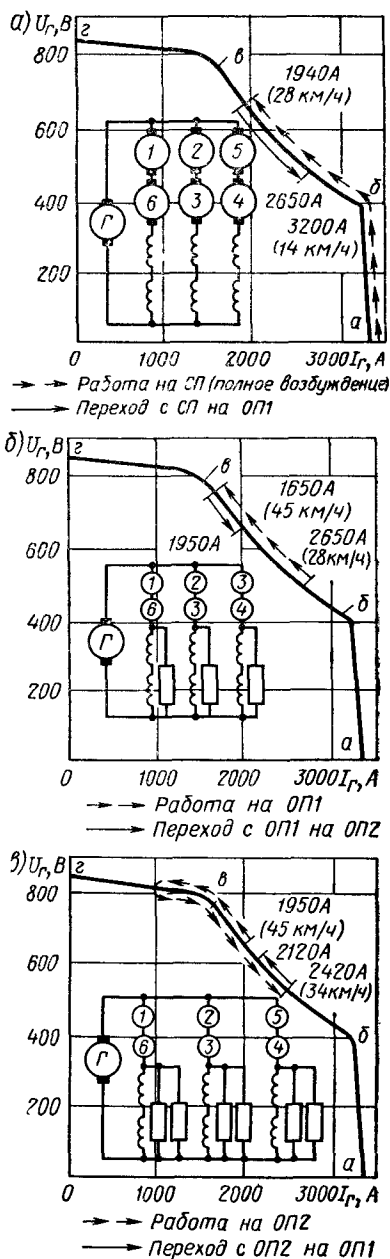


Рис. 123. Графики, иллюстрирующие переходы с полного возбуждения СП тяговых электродвигателей на ослабленное ОП1 и ОП2:

а — с СП на ОП1; б — с ОП1 на ОП2; в — с ОП2 на ОП1

на ослабленное возбуждение первой ступени (*ОП1*). Вследствие этого перехода ток генератора возрастет до 2650 А, скорость тепловоза будет увеличиваться, а нагрузка уменьшаться.

В тот момент, когда скорость тепловоза достигнет 45 км/ч, что соответствует току 1650 А, совершится переход на вторую ступень ослабления возбуждения (*ОП2*). Во время этого перехода ток возрастет до 1950 А. После перехода скорость тепловоза будет продолжать увеличиваться, а нагрузка уменьшаться. Когда нагрузка станет меньше 1650 А, мощность дизеля уже не будет использоваться полностью, наступит ограничение по возбуждению.

При вступлении поезда на подъем скорость тепловоза будет падать, а ток генератора возрастать. Когда скорость снизится до 34 км/ч, произойдет обратный переход со второй ступени ослабления возбуждения на первую ступень, ток упадет с 2420 до 2120 А. При дальнейшем возрастании нагрузки и уменьшении скорости до 24 км/ч отключится первая ступень ослабления возбуждения *ОП1*. Ток генератора уменьшится с 2600 до 2300 В. Если в соответствии с профилем пути нагрузка будет продолжать увеличиваться, а скорость движения уменьшаться, то полная мощность дизеля будет использоваться до тех пор, пока ток генератора не станет равным 3200 А, после чего электрическая передача вновь работает на участке ограничения тока.

Тем же целям служит изменение схемы соединения электродвигателей. Представим себе, что два двигателя на тепловозе соединены последовательно и получают питание от тягового генератора, напряжение которого достигло максимального значения в то время, когда требуется дальнейший разгон тепловоза с поездом. Если не принять специальных мер, то работа генератора при разгоне будет происходить вдоль участка *вг* внешней характеристики (см. рис. 3), где мощность дизеля полностью не используется. Чтобы этого не произошло, переключим электродвигатели из последовательного соединения в параллельное. Вследствие этого суммарная противо-э. д. с. электродвигателей понизится вдвое и ток генератора начнет расти. При дальнейшем увеличении тока в такой же степени уменьшится напряжение генератора вдоль гиперболической характеристики и процесс увеличения тока будет продолжаться до тех пор, пока напряжение примерно не сравняется с новым уменьшенным значением суммарной противо-э. д. с. электродвигателей.

Поскольку генератор продолжает работать на гиперболическом участке внешней характеристики, то в результате переключения мощность в электрической передаче не изменится. Скорость движения (частота вращения электродвигателей) также не изменится, так как процесс переключения занял всего лишь 1—2 с.

Известно, что момент (тяговое усилие) электродвигателя пропорционален отношению мощности к частоте вращения. Как было показано, обе эти величины в процессе переключения практически не изменились, следовательно, не изменился и момент электродвигателя, а так как момент электродвигателя последовательного

возбуждения пропорционален току, протекающему по обмоткам якоря и главных полюсов, то при неизменном моменте и ток каждого электродвигателя должен сохранить исходное значение. В нашем случае, когда два последовательно соединенных электродвигателя подключаются параллельно, их общий ток (ток генератора) должен увеличиться в 2 раза. Соответственно в 2 раза должно понизиться напряжение генератора.

В общем случае при переключении напряжение генератора убывает, а ток возрастает во столько раз, во сколько увеличивается число параллельных цепей электродвигателей. Следовательно, в результате переключения электродвигателей без изменения режима движения тепловоза с поездом режим работы тягового генератора изменяется таким образом, что появляется возможность вновь увеличивать его напряжение при дальнейшем разгоне, т. е. гиперболический участок внешней характеристики генератора используется дважды.

Переключение электродвигателей с последовательного на последовательно-параллельное соединение, а также шунтирование обмоток возбуждения применяют на тепловозах ТЭ1, ТЭ2, ТЭМ1. На тепловозах ТЭ3, ТЭ10, ТЭП60, ТЭМ2, 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В, 2ТЭ116, ТЭ109 переключение электродвигателей не применяется, так как оно усложняет электрическую схему и снижает надежность работы электропередачи. На этих машинах используют две ступени ослабления возбуждения электродвигателей.

Чтобы включить или отключить ослабление возбуждения электродвигателей в определенных точках внешней характеристики генератора, а также подать сигнал для последовательно-параллельного переключения электродвигателей, на тепловозах применяют реле перехода.

На тепловозах ТЭМ2 применена схема включения реле перехода, позволяющая предельно раздвинуть характеристики срабатывания и отпадания реле и тем самым уменьшить опасность возникновения звонковой работы (рис. 124). В этом случае характеристики первого и второго реле перехода настраивают одинаково, т. е. так, чтобы они совпадали. Реле перехода *РП1* управляет контакторами ослабления возбуждения первой ступени *Ш1* и *Ш3*, реле *РП2* — контакторами ослабления возбуждения второй ступени *Ш2* и *Ш4*. Контакты реле *РУ4* отодвигают характеристику отпадания реле перехода на низших позициях так, как это было описано выше. В схеме предусмотрены два реле времени: *РВ1* и *РВ2*. Контакты замыкаются с выдержкой времени тогда, когда катушки реле обесточиваются.

Если обе ступени ослабления возбуждения отключены (разомкнуты все контакторы *Ш*), блокировочный контакт *Ш3* в цепи катушки реле *РВ1* замкнут. Это реле включено, и его контакт, включенный в цепь катушки напряжения реле *РП2*, разомкнут. Наоборот, блокировочный контакт контактора *Ш4* в цепи катушки реле времени *РВ2* разомкнут. Катушка этого реле обесточена, и его контакт, включенный в цепь токовой катушки реле *РП1*, замкнут.

Таким образом, цепи реле перехода *РП1* полностью собраны, а цепь катушки напряжения реле *РП2* разомкнута, и это реле включиться не может.

При достижении точки срабатывания на характеристике генератора включается реле *РП1* и вслед за ним контакторы *Ш1* и *Ш3* первой ступени ослабления возбуждения. Включившись, контактор *Ш3* размыкает свой контакт в цепи катушки реле времени *РВ1*, катушка обесточивается. Контакт реле *РВ1* замыкается с выдержкой времени. За это время ток в силовой цепи успеет возрасти, а напряжение снизится вследствие включения первой ступени ослабления возбуждения. Замкнувшись, контакт *РВ1* замыкает цепь катушки напряжения реле *РП2*. Это реле срабатывает, когда напряжение генератора вновь поднимается по характеристике в процессе разгона тепловоза с поездом. Вслед за реле *РП2* включаются контакторы ослабления возбуждения второй ступени *Ш2* и *Ш4*. Включившись, контактор *Ш4* замкнет свой блокировочный контакт в цепи катушки реле времени *РВ2*. Это реле сработает и разомкнет свой контакт в цепи токовой катушки реле *РП1*.

Поскольку цепь токовой катушки реле *РП1* окажется разомкнутой, то это реле останется включенным при достижении точки отпадания на характеристике генератора при замедлении движения тепловоза с поездом. Таким образом, первым отпадет реле *РП2* и отключится вторая ступень ослабления возбуждения. Контакт *Ш4* в цепи катушки реле *РВ2* вновь разомкнется, реле *РВ2* отпадет и с выдержкой времени замкнет свой контакт в цепи токовой катушки реле *РП1*. Выдержка времени позволит напряжению генератора возрасти по внешней характеристике в результате отключения второй ступени ослабления возбуждения. Цепь токовой катушки реле *РП1* теперь оказывается замкнутой, и это реле отпадет в тот момент, когда напряжение генератора в процессе

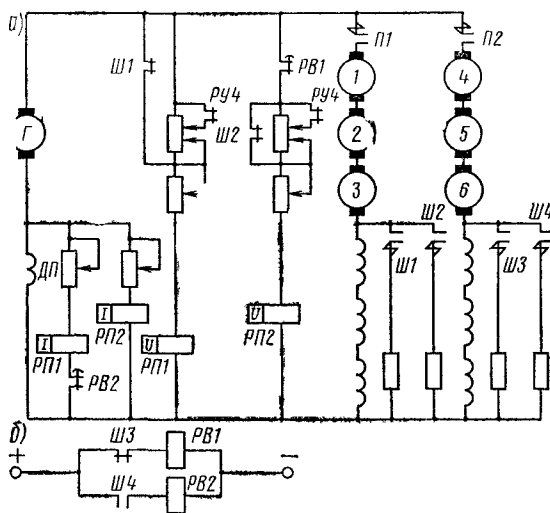
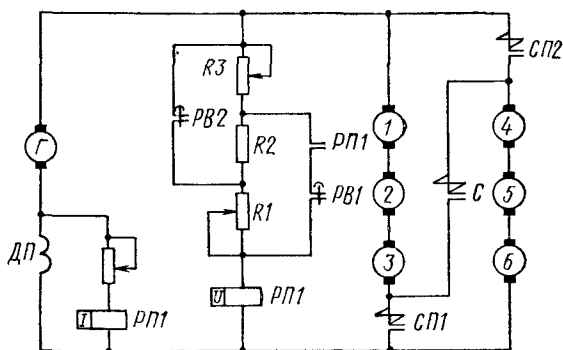


Рис 124 Принципиальная схема управления ослаблением возбуждения электродвигателей тепловоза ТЭМ2:

а — схема силовой цепи б — схема управления катушек реле времени Г — тяговый генератор; 1—6 — тяговые электродвигатели ДП — обмотка добавочных полюсов генератора, РП1 (I), РП2 (I) — токовые катушки реле переходов, РП1 (U), РП2 (U) — катушки напряжения реле переходов РВ1 РВ2 — катушки реле времени Ш1—Ш4 — контакторы ослабления возбуждения, П1, П2 — силовые контакторы, РВ4 — контакты реле управления

Рис. 125. Принципиальная схема перехода с последовательного на последовательно-параллельное соединение и обратно, применяемая на тепловозе ТЭМ1:

Γ — тяговый генератор; 1–6 — тяговые электродвигатели ДП — обмотка добавочных полюсов генератора; РП1 (1) — токовая катушка реле перехода; РП1 (U) — катушка напряжения реле перехода; РВ1, РВ2 — контакты реле времени; С, СП1, СП2 — силовые контакторы, R1–R3 — добавочные резисторы



замедления движения тепловоза с поездом вновь понизится. На тепловозах, где применяется переключение электродвигателей с последовательного на последовательно-параллельное соединение, для управления этим переключением также используется реле перехода.

В качестве примера рассмотрим схему перехода на тепловозе ТЭМ1 (рис. 125). В схеме этого тепловоза предусмотрена одна ступень ослабления возбуждения. Ее включением и отключением управляет реле перехода РП2 (на рис. 125 обмотки возбуждения двигателей, цепи ослабления возбуждения и реле РП2 для простоты опущены). Последовательное соединение электродвигателей (включен контактор С) имеет место, когда реле перехода РП1 не включено. В этом положении получают питание оба реле времени РВ1 и РВ2¹. Контакт реле РВ2 закорачивает резисторы R2 и R3, так что в цепи катушки напряжения остается введенным только резистор срабатывания R1.

Контакт реле РВ1 при отключенном реле перехода не оказывает влияния на работу схемы, поскольку он включен последовательно с замыкающим контактом реле РП1. При достижении необходимой точки на внешней характеристике генератора реле РП1 срабатывает. Его контакт в схеме замыкается. В процессе перехода на последовательно-параллельное соединение продолжают получать питание реле РВ1 и РВ2 и их контакты остаются замкнутыми. При этом резисторы R1, R2, R3 оказываются включенными параллельно и суммарное сопротивление в цепи катушки напряжения реле РП1 будет иметь наименьшее значение. На время перехода для облегчения коммутации тока контактором С отключается контактор возбуждения генератора, и напряжение генератора резко снижается. Параллельное соединение резисторов в цепи катушки напряжения позволяет удерживать реле перехода во включенном положении при сниженном напряжении генератора и тем самым избежать звонковой работы.

¹ Реле РВ1 имеет выдержку времени при размыкании; РВ2 — при замыкании.

Поездные контакторы при прямом переходе переключаются в следующем порядке: включается *СП2*, отключается *С*, включается *СП1*. Одновременно с включением последнего контактора оба реле времени теряют питание. Вначале без выдержки времени размыкает свой контакт реле *РВ2*, и в цепи катушки напряжения оказывается введенным резистор *Р3*; эта промежуточная ступень позволяет избежать возникновения звонковой работы от заброса тока в цепи электропередачи. Затем с выдержкой времени при прямом переходе отпадает реле *РВ1*. После этого в цепь катушки напряжения вводится полное сопротивление $R1+R2+R3$, определяющее положение характеристики отпадания реле. Когда достигается точка отпадания реле, на внешней характеристике генератора происходит обратный переход. При обратном переходе контактор возбуждения генератора также временно отключается, при этом, однако, не появляется опасность возникновения звонковой работы, поскольку реле перехода в этом режиме также выключено. В процессе перехода и некоторое время после него в цепи катушки напряжения остается включенным полное сопротивление. Положение реле времени *РВ1* не влияет на работу схемы. Реле времени *РВ2* получает питание одновременно с включением контактора *С*, но срабатывает с выдержкой времени. Когда оно включится, его контакт закорачивает резисторы *Р2* и *Р3*.

Уменьшение суммарного сопротивления с выдержкой времени позволяет избежать возникновения звонковой работы от резкого спада тока при обратном переходе. Значение сопротивления определяет положение характеристики срабатывания реле.

Таким образом, электродвигатели регулируются изменением напряжения на их зажимах и тока в их обмотках возбуждения при работе электропередачи по гиперболической внешней характеристике генератора и, кроме того, путем ослабления возбуждения электродвигателей или изменения соединения электродвигателей, когда напряжение генератора приближается к максимальному значению. Управление ослаблением возбуждения и изменением соединения электродвигателей осуществляется реле перехода.

27. РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЯГОВОГО ГЕНЕРАТОРА

Автоматическое регулирование возбуждения тягового генератора служит для создания внешней характеристики необходимой формы (см. рис. 3). Как отмечалось выше, внешняя характеристика должна иметь участки ограничения тока (*аб*), ограничения мощности (*бв*) и ограничения напряжения (*вг*).

Участок ограничения напряжения в некоторых электропередачах (тепловозы ТЭ1, ТЭ2, ТЭ3 и др.) образуется, естественно, благодаря тому, что при высоких значениях напряжения магнитная система генератора насыщается и дальнейшее возрастание напряжения резко замедляется. В современных электропередачах (тепловозы ТЭ10, ТЭП60, ТЭЗЛ, 2ТЭ10Л, ТЭ109) ограничение напряжения создается автоматически. Мощность ограничивается либо

возбудителями, имеющими продольное или поперечное расщепление полюсов, либо системами автоматического регулирования с магнитными усилителями или тиристорами.

Ограничение тока с помощью тахометрической схемы. Тахометрическая схема применяется на тепловозах ТЭЗ. Она позволяет поддерживать на различных позициях определенные значения пускового тока. При перемещении рукоятки контроллера пусковой ток нарастает небольшими ступенями, что способствует плавному троганию и разгону тепловоза с поездом; на крайней позиции контроллера схема поддерживает наибольший принятый для данной электропередачи пусковой ток (узел АРТ).

Схема (рис. 126) содержит тахогенератор $T2$ с независимым возбуждением от вспомогательного генератора тепловоза. На каждой позиции тахогенератор имеет определенное напряжение на зажимах, так как приводится во вращение от вала дизеля. Ток тягового генератора протекает по обмотке добавочных полюсов $ДП$ и вызывает в ней падение напряжения, так что потенциал в точке a становится выше, чем в точке b . Под действием этой разности потенциалов в цепи ограничения тока, включающей тахогенератор $T2$ и размагничивающую обмотку возбудителя $M—MM$, ток стремится течь так, как показано стрелкой. Пока ток тягового генератора невелик, падение напряжения на обмотке $ДП$ (разность потенциалов между точками a и b) меньше, чем напряжение тахогенератора, поэтому ввиду запирающего действия выпрямителя BC ток в цепи ограничения отсутствует. Когда же ток достигнет значения, при котором падение напряжения на обмотке $ДП$ сравняется с напряжением тахогенератора и затем несколько превысит его, то в цепи ограничения появится ток, размагничивающий возбудитель, а следовательно, и тяговый генератор. Размагничивающее действие схемы произойдет в узком диапазоне тока тягового генератора. Очевидно, что при трогании и разгоне ток не будет выходить за границы этого узкого диапазона, поскольку увеличение тока вызовет резкое размагничивание возбудителя и генератора вплоть до полной потери ими напряжения, а уменьшение тока ниже установленного значения вызовет полное прекращение размагничивающего действия.

При изменении позиции рукоятки контроллера напряжение тахогенератора изменится; соответственно этому изменится и ток, при котором начинает работать схема ограничения. Ограничение пускового тока тягового генератора при работе узла АРТ на 16-й позиции контроллера машиниста показано на рис. 127. Напряжение тахогенератора U_{T2} на 16-й позиции контроллера под нагрузкой составляет примерно 12 В; начало срабатывания узла ограничения тока определяется током генератора $I_r = 3200 \div 3300$ А. Так как сопротивление обмотки добавочных полюсов генератора $R_{дп}$ мало, то для получения требуемого падения напряжения цепи тахогенератор подключается в схеме тепловоза ТЭЗ к обмоткам возбуждения двух тяговых электродвигателей и добавочных полюсов генератора.

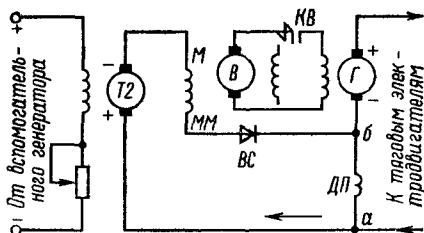


Рис. 126. Тахометрическая схема ограничения пускового тока:

Г — тяговый генератор; В — возбудитель; Т2 — тахогенератор; М—ММ — ограничительная обмотка; ВС — селеновый выпрямитель; ДП — добавочные полюсы генератора; КВ — контактор возбуждения

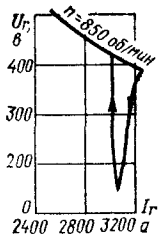


Рис. 127. Внешняя характеристика генератора при работе узла АРТ на 16-й позиции контроллера

Чтобы уяснить работу узла ограничения тока, проведем расчет для $I_r = 2400$ А и $I_r = 3300$ А. При $I_r = 2400$ А ток в группе электродвигателей $I_{дв}$ будет составлять 800 А (силовая цепь ТЭЗ имеет три параллельные группы электродвигателей). Зная сопротивление обмотки возбуждения электродвигателя $R_{вдв}$ (оно равно 0,00482 Ом) и сопротивление добавочных полюсов генератора $R_{дп} = 0,0013$ Ом, подсчитаем падение напряжения цепи ΔU , к которой подключен тахогенератор:

$\Delta U = 2I_{дв}R_{вдв} + I_r R_{дп} = 2 \cdot 800 \cdot 0,00482 + 2400 \cdot 0,0013 = 7,7 + 3,1 = 10,8$ В. Мы видим, что при $I_r = 2400$ А ΔU меньше 12 В, т. е. меньше $U_{т2}$. Следовательно, по обмотке М—ММ ток протекать не будет. При $I_r = 3300$ А ток $I_{дв} = 1100$ А, а ΔU составит 14,9 В, т. е. будет больше $U_{т2}$. В этом случае ток потечет по обмотке М—ММ и размагнитит возбудитель.

Значительным недостатком узла является то, что падение напряжения на обмотках добавочных полюсов генератора и возбуждения тяговых электродвигателей зависит от их температуры. Температура обмоток колеблется в пределах до 100°С, а это может изменить ток срабатывания узла на 1200 А.

Ограничение пускового тока, мощности и напряжения с помощью магнитных усилителей. Рассмотрим принцип действия магнитных усилителей, нашедших широкое применение в электрических схемах новых тепловозов (ТЭ10, ТЭП60, ТЭЗЛ, ТЭ40, 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В и др.).

Из курса электротехники известно, что если в катушке, содержащей стальной сердечник, проходит переменный ток, то в ней создается в основном индуктивное сопротивление. Ток, протекающий по катушке со стальным сердечником, образует в нем магнитный поток. Обычно значение потока определяется по характеристике намагничивания в зависимости от другой величины — магнитодвижущей силы. Магнитодвижущая сила равна произведению тока на число витков катушки и выражается в амперах.

При увеличении м. д. с. поток в сердечнике возрастает вначале пропорционально, но затем его рост замедляется и практически

прекращается, т. е. материал сердечника испытывает магнитное насыщение. Известно, что при насыщении материала сердечника индуктивное сопротивление катушки значительно уменьшается.

Предположим, что на замкнутый сердечник надеты две катушки. Одну из них подключим к переменному напряжению. Пусть она создаст в сердечнике поток, недостаточный для насыщения материала. Вследствие этого индуктивное сопротивление катушки будет значительным, а сила тока, наоборот, незначительной. Подключим теперь вторую катушку к источнику постоянного тока. Эту катушку, а также протекающий в ней ток и ее м. д. с. назовем *подмагничивающими*. С увеличением тока подмагничивания сердечник насыщается и индуктивное сопротивление подключенной к переменному напряжению катушки снижается. Таким образом, с помощью постоянного тока подмагничивания можно управлять значением переменного тока в катушке. Описанное устройство, представляющее собой замкнутый стальной сердечник с двумя катушками (переменного тока и подмагничивания), называется *управляемым реактором* (дресселем).

Опытами установлено, что для реактора с сердечником из высококачественного магнитного материала м. д. с. обмотки переменного тока реактора примерно равна м. д. с. подмагничивающей обмотки. Следовательно, когда подмагничивание отсутствует, индуктивное сопротивление обмотки переменного тока настолько велико, что ток в ней близок к нулю. С увеличением тока подмагничивания среднее значение переменного тока пропорционально возрастает.

Простейший магнитный усилитель *МУ* состоит из двух управляемых реакторов (рис. 128, а). Обмотки подмагничивания реакторов обычно соединяют последовательно или вместо двух обмоток применяют одну обмотку *ОП*, охватывающую сердечники обоих реакторов. Обмотки переменного тока (рабочие обмотки) *ОР1* и *ОР2* также соединяют последовательно; в их цепь включают резистор нагрузки R_n .

В *МУ*, изменяя подмагничивание, можно регулировать переменный ток в нагрузке. Как и в обычном трансформаторе, в подмагничивающих обмотках реакторов наводится переменное напряжение, нарушающее работу устройства. Чтобы избежать его вредного влияния, рабочие обмотки соединяют последовательно таким образом, чтобы наведенные в них м. д. с. были направлены навстречу друг другу и поэтому уничтожались. Этим *МУ* принципиально отличается от управляемого реактора. Для *МУ*, так же как для отдельного реактора, соблюдается закон равенства ампервитков.

В схеме *МУ*, показанной на рис. 128, б, по нагрузке протекает не переменный, а постоянный ток, поскольку она включена через выпрямительный мост *В*. Если включить обмотку возбуждения электрической машины в качестве нагрузки усилителя, то таким усилителем можно регулировать ток в ней. Даже для простейших усилителей (см. рис. 128) мощность нагрузки во много раз больше

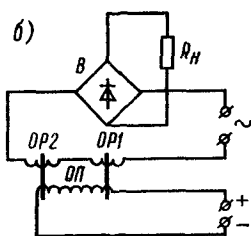
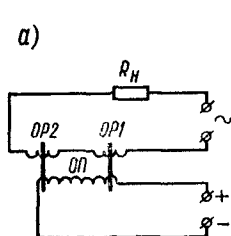


Рис. 128. Принципиальная схема магнитного усилителя с питанием от однофазного источника переменного тока:

а — с нагрузочным резистором; б — с выпрямителем на выходе $OP1$, $OP2$ — рабочие обмотки, ОП — обмотка подмагничивания, R_H — резистор нагрузки; В — выпрямительный мост

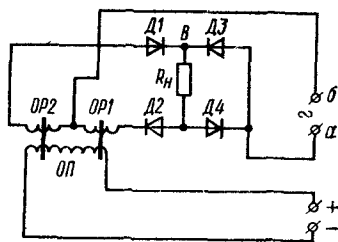


Рис. 129 Принципиальная схема однофазного магнитного усилителя с внутренней обратной связью (обозначения см. на рис. 128)

мощности цепи управления (подмагничивания). Отношение этих мощностей называется *коэффициентом усиления по мощности*.

Чтобы получить высокий коэффициент усиления, магнитный усилитель соединяют по схеме, показанной на рис. 129. В этой схеме рабочие обмотки усилителя включены последовательно с выпрямителями внутри моста. При этом ток в рабочих обмотках изменяется не по направлению, а только по значению, т. е. является пульсирующим.

Действительно, допустим, что в первый полупериод точка a имеет положительный потенциал по отношению к точке b . Тогда ток потечет по выпрямителю $Д3$, резистору нагрузки R_H , выпрямителю $Д2$, обмотке $OP1$ к точке b . Во второй полупериод ток пройдет от точки b по обмотке $OP2$, выпрямителю $Д1$, R_H , $Д4$ к точке a .

Этот ток можно рассматривать как результат сложения обычного переменного тока с постоянным током того же значения. Постоянная составляющая, протекая по рабочим обмоткам, подмагничивает усилитель так, что рабочие обмотки являются одновременно и подмагничивающими. Большая часть мощности для подмагничивания забирается из цепи переменного тока, что приводит к резкому увеличению коэффициента усиления. Такой *магнитный усилитель называется усилителем с внутренней обратной связью*; его выходная характеристика управления показана на рис. 130. Из характеристики видно, что, когда нет тока в обмотке управления (подмагничивания), ток нагрузки значителен (точка B). Для усилителя без обратной связи ток нагрузки (ток выхода) в этом случае близок к нулю. При обратной связи этот малый ток создает некоторое подмагничивание, что приводит к возрастанию тока нагрузки, усиливающему подмагничивание, вследствие чего ток нагрузки вновь увеличивается. Происходит самоподмагничивание усилителя до наступления равновесия (точка D).

При протекании по обмотке подмагничивания тока положительного направления ток нагрузки возрастает до максимума (точ-

В схемах тепловозов для создания требуемой формы внешней характеристики генератора необходимо получить сигналы слабого тока, пропорциональные его току и напряжению. Эта задача выполняется трансформаторами постоянного тока (*ТПТ*) и напряжения (*ТПН*), которые представляют собой простейшие магнитные усилители, собранные по схеме (см. рис. 128, б). Они выполняются без положительной обратной связи с тороидальными (кольцевыми) сердечниками из магнитных сплавов высокого качества.

Магнитные усилители с внутренней обратной связью называют иногда *амплистатами*. В схе-

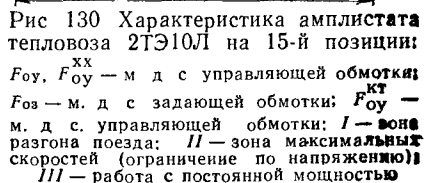
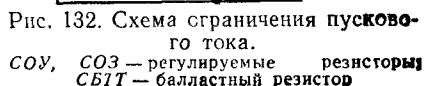


Рис 130 Характеристика амплитата
тепловоза 2ТЭ10Л на 15-й позиции:

F_{0y}, F_{0y}^{xx} — м. д. с управляющей обмотки;
 F_{0z}^{xx} — м. д. с задающей обмотки; $F_{0y}^{ку}$ —
м. д. с. управляющей обмотки; I — зона
разгона поезда; II — зона максимальной
скоростей (ограничение по напряжению);
 III — работа с постоянной мощностью



мах тепловозов амплистаты применяются для регулирования тока возбуждения тягового генератора (первые выпуски тепловозов ТЭ10) или его возбuditеля (тепловозы ТЭЗЛ, 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В, ТЭП60 и др.). Амплистат тепловозов с возбuditелем собирается по схеме, показанной на рис. 129. Нагрузкой амплистата служит обмотка возбуждения возбuditеля. Амплистат однофазный имеет три подмагничивающие обмотки: задающую, управляющую и регулировочную.

В схеме тепловозов ТЭ10 и ТЭП60 первых выпусков применяется трехфазный амплистат, схема которого приведена на рис. 131. Он имеет шесть рабочих обмоток (по две в фазе). Нагрузкой амплистата служит обмотка возбуждения тягового генератора. У амплистата четыре подмагничивающие обмотки: задающая ОЗ, управляющая ОУ, регулировочная ОР и дополнительная ОД, которая является запасной.

Рассмотрим процесс ограничения пускового тока генератора с помощью магнитных усилителей. Включим управляющую обмотку ОУ амплистата (рис. 132) через выпрямительный мост В2 в качестве нагрузки трансформатора постоянного тока ТПТ; в задающую обмотку ОЗ подадим от тахогенератора Т ток, который на данной, например крайней, позиции контроллера машиниста сохраняет постоянное значение. Пока поездные контакторы не включались, тока в силовой цепи нет, следовательно, ТПТ не имеет подмагничивания и его выходной ток, т. е. ток в обмотке управления амплистата, близок к нулю.

Ток, протекающий в задающей обмотке, создает значительную магнитодвижущую силу (ампер-витки) подмагничивания амплистата (точка Ж на рис. 133), при этом ток на выходе амплистата (ток возбуждения генератора), а также напряжение генератора имеют максимальное значение¹. Магнитодвижущая сила задающей обмотки обычно в 20* или более раз больше минимального значения м. д. с., при которой достигается наибольший ток на выходе амплистата. Из рис. 133 видно, что м. д. с. задающей обмотки равна 550 А, в то время как минимальное необходимое значение составляет 30 А (точка Г).

Таким образом, в первый момент, когда нет тока в силовой цепи, амплистат с большим избытком подмагничен. При замыкании поездных контакторов ток генератора быстро возрастает и подмагничивает ТПТ, а ток в управляющей обмотке амплистата появляется и увеличивается пропорционально току генератора. Управляющая обмотка включена встречно задающей. Поэтому с ростом тока в управляющей обмотке суммарная м. д. с. подмагничивания амплистата будет уменьшаться. При снижении м. д. с. подмагничивания от точки Ж до точки Г ток возбуждения генератора не будет заметно уменьшаться. В этой точке м. д. с. подмаг-

¹ Для удобства рассмотрения принято, что цепи возбуждения генератора могут быть включены при выключенных поездных контакторах.

* Здесь и далее цифровые данные являются ориентировочными; они примерно соответствуют данным схемы тепловоза ТЭ10 первых выпусков.

ничивания 520 А, а суммарная м. д. с. подмагничивания 550—520=30 А.

При дальнейшем увеличении тока генератора и уменьшении суммарной м. д. с. подмагничивания (участок $ГВ$) ток возбуждения и напряжение генератора резко снижаются. В точке $В$ суммарная м. д. с. подмагничивания равна нулю, т. е. м. д. с. управляющей обмотки $ОУ$ равна м. д. с. задающей обмотки $ОЗ$. Далее м. д. с. управляющей обмотки $ОУ$ становится больше обмотки $ОЗ$ и суммарная м. д. с. подмагничивания меняет направление. В точке $А$ (где м. д. с. управляющей обмотки больше задающей на 50 А) ток возбуждения генератора составит всего 10 А. В этом случае напряжение генератора становится настолько малым, что при протекающем максимальном токе оно полностью падает на сопротивления якорей обмоток главных и добавочных полюсов неподвижных электродвигателей, а также кабелей силовой цепи. Дальнейшее возрастание тока становится невозможным — происходит его ограничение. Магнитодвижущая сила управляющей обмотки в точке $А$ равна 60 А, что соответствует току генератора 6500 А. Таким образом, от точки $В$ до точки $А$ на протяжении рабочей части характеристики амплитата ток генератора увеличился дополнительно на 6500—5600=900 А и его возрастание прекратилось.

Допустим, что в момент ограничения происходит трогание и якоря тяговых электродвигателей начинают вращаться. На их зажимах растет противо-э. д. с., а ток в силовой цепи падает. Вследствие этого уменьшается подмаг-

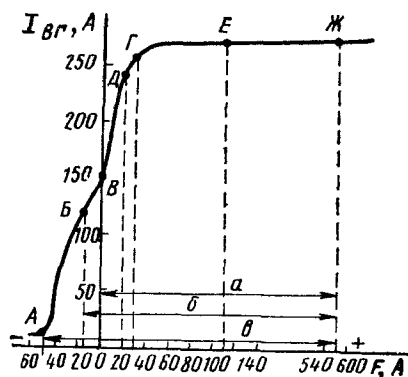


Рис. 133. Характеристика амплитата тепловоза ТЭ10:

a — магнитодвижущая сила (м. д. с.) задающей обмотки; b — м. д. с. управляющей обмотки в конце ограничения тока; c — м. д. с. управляющей обмотки при максимальном токе генератора

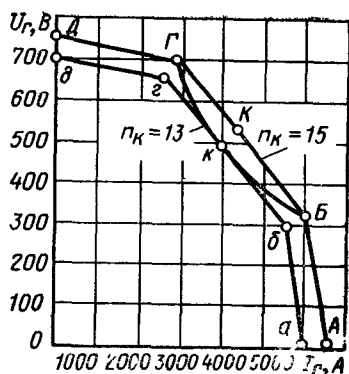


Рис. 134. Внешняя характеристика тягового генератора

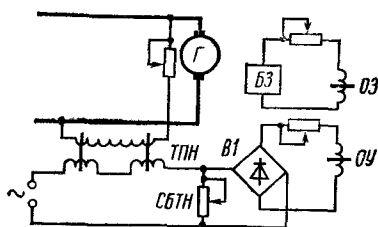


Рис. 135. Принципиальная схема ограничения максимального напряжения

ничивание *ТПТ*, ток и м. д. с. управляющей обмотки. При этом рабочая точка перемещается вверх по характеристике амплитата от точки *А* до *Б*, а так как характеристика амплитата обладает большой крутизной (большим коэффициентом усиления), то при малом уменьшении тока генератора (управляющей обмотки) напряжение значительно возрастает, что будет препятствовать существенному изменению тока в силовой цепи. Напряжение генератора в точке *А* составит примерно 20 В (ток 6500 А), а в точке *Б* — 300 В, м. д. с. управляющей обмотки на участке *АБ* уменьшится на 35 А (см. рис. 133), что соответствует снижению тока генератора на 400 А.

Таким образом, при разгоне ток генератора меняется незначительно, в то время как напряжение его возрастает в 15 раз. По мере роста напряжения при относительно неизменном токе увеличивается мощность генератора, в точке *Б* она достигает номинального значения. Дальнейший разгон должен происходить по характеристике постоянной мощности (рис. 134).

Если изменится м. д. с. задающей обмотки вдвое, ток, поддерживаемый схемой возбуждения на характеристике ограничения, изменится примерно пропорционально. Поскольку задающая обмотка питается от тахогенератора, его напряжение изменяется по позициям контроллера машиниста, а значение поддерживаемого пускового тока зависит от положения рукоятки контроллера. При увеличении тока в задающей обмотке максимальный ток генератора соответственно растет. Чтобы повысить этот ток, необходимо включить на выходе *ТПТ* балластный резистор *СБТТ* (см. рис. 132). При этом часть выходного тока *ТПТ* ответвится.

Пусть сопротивление балластного резистора *СБТТ* установлено равным сопротивлению управляющей обмотки. Тогда на *СБТТ* ответвится половина тока, протекающего в обмотке до момента подключения его, а в дальнейшем всегда токи в обмотке и в резисторе *СБТТ* будут одинаковыми. Предположим, м. д. с. задающей обмотки равна 275 А и момент ограничения наступил при неподвижных электродвигателях и м. д. с. управляющей обмотки, равной $275 + 50 = 325$ А (точка *А* на характеристике амплитата, см. рис. 133). В этот момент подключим резистор *СБТТ*, сопротивление которого выбрано равным сопротивлению управляющей обмотки. Вначале м. д. с. управляющей обмотки уменьшится вдвое и составит примерно 162 А. При этом суммарная м. д. с. (разность задающих и управляющих ампер-витков) станет равной $275 - 162 = 113$ А.

Следовательно, рабочая точка на характеристике амплитата переместится из *А* в *Е*. Однако такое перемещение сопровождается возрастанием тока возбуждения генератора примерно от 10 до 270 А. Одновременно резко возрастет напряжение генератора, стремящееся к максимальному значению. С ростом напряжения генератора его ток также увеличивается сверх 3500 А и соответственно возрастают ток на выходе *ТПТ*, ток и намагничивающая сила обмотки управления, ток в балластном резисторе *СБТТ*,

При увеличении тока генератора и м. д. с. управляющей обмотки ток возбуждения и напряжение генератора будут вновь снижаться по характеристике амплистата. Этот процесс продолжается до тех пор, пока рабочая точка опять не вернется примерно в *A*, где произойдет ограничение тока.

Так как м. д. с. задающей обмотки не изменилась, а рабочая точка вернулась в *A*, значение м. д. с. и ток обмотки управления также возвращаются к прежнему значению (325 А). По резистору *СБТТ* протекает такой же ток, как и в обмотке управления, т. е. общий ток выхода *ТПТ* удваивается по сравнению с тем током, который протекал до момента подключения *СБТТ*, но это может произойти только при условии, если ток генератора будет удвоен, т. е. ток генератора в момент ограничения при наличии балластного резистора с сопротивлением, равным сопротивлению управляющей обмотки, достигает значения $3500 \cdot 2 = 7000$ А.

Следовательно, увеличение сопротивления балластного резистора уменьшает ток генератора на характеристике ограничения, а уменьшение этого сопротивления увеличивает ток. Таким образом, изменение тока при ограничении может достигаться не только изменением м. д. с. задающей обмотки, но и регулированием значения балластного сопротивления.

Рассмотрим процесс *ограничения максимального напряжения*. Включим управляющую обмотку *ОУ* амплистата (рис. 135) через выпрямительный мост *В1* в качестве нагрузки трансформатора постоянного напряжения *ТПН*; в задающую обмотку *ОЗ* по-прежнему подадим ток от тахогенератора *Т*. Подключим также на выходе *ТПН* балластный регулятор *СБТН*, сопротивление которого вначале было установлено близким к нулю.

Работу схемы ограничения напряжения рассмотрим при реостатных испытаниях тепловоза. Предположим, что поездные контакторы отключены и установлена крайняя позиция рукоятки контроллера машиниста. Так как сопротивление резистора *СБТН* мало, то весь ток выхода *ТПН* в основном замыкается через этот резистор и лишь небольшая его часть протекает в управляющей обмотке. Таким образом, в амплистате действует практически только м. д. с. задающей обмотки, которая с избытком подмагничивает амплистат. В зависимости от этой силы рабочая точка находится на пологой части характеристики амплистата (например, в *Ж* или *Е*, см. рис. 133). В этом случае ток возбуждения генератора составит примерно 270 А, а его напряжение превысит значение 750 В, которое мы хотим установить при холостом ходе генератора. Начнем постепенно увеличивать балластное сопротивление. Это приведет к уменьшению тока в этом резисторе и к его увеличению в управляющей обмотке. Соответственно будет снижаться суммарная м. д. с. в амплистате, вследствие чего рабочая точка на характеристике ограничения не приведет к существенному изменению тока возбуждения и напряжения генератора, однако после точки *Г* небольшое дополнительное увеличение сопротивления будет сопровождаться бы-

стрым уменьшением напряжения генератора. Когда рабочая точка переместится в D , то напряжение генератора составит 750 В при токе возбуждения 240 А. Включим теперь поездные контакторы и начнем нагружать генератор. С ростом тока генератор будет размагничиваться, вследствие чего и напряжение его будет снижаться. Но при уменьшении напряжения пропорционально будет снижаться и м.д.с. обмотки управления, а поэтому и рабочая точка будет перемещаться от D вверх (по характеристике амплистата), что увеличивает ток возбуждения генератора и препятствует значительному уменьшению его напряжения. Когда ток генератора достигнет примерно 2900 А, рабочая точка сместится в Γ и ток возбуждения генератора повысится до 260 А (полный выход амплистата). Напряжение генератора при этом не должно быть меньше 700 В.

С увеличением тока при относительно постоянном напряжении увеличивается мощность генератора. В точке Γ она достигает номинального значения, поэтому дальнейшая работа будет проходить по характеристике постоянной мощности.

Характеристика ограничения максимального напряжения показана на рис. 134. Ограничение максимального напряжения (так же как и максимального тока) можно устанавливать с помощью изменения магнитодвижущей силы задающей обмотки или подрегулировкой балластного резистора $СБТН$.

Рассмотрим процесс ограничения мощности. Выше было показано, что при разгоне тепловоза ограничение пускового тока происходит по характеристике амплистата от точки A вверх до точки B , а ограничение максимального напряжения — от точки Γ вниз до точки D . В точках B и Γ мощность генератора равна номинальной. Чтобы на участке от точки B до Γ поддерживать постоянную мощность, необходимо получить гиперболическую внешнюю характеристику, при которой произведение тока на напряжение генератора должно быть постоянным. В схеме с амплистатом проще поддерживать не произведение, а сумму тока и напряжения. При этом внешняя характеристика генератора получается не гиперболической, а прямолинейной (см. рис. 134).

Чтобы поддержать постоянное значение суммы тока и напряжения, необходимо управляющую обмотку подключить на выход обих трансформаторов $ТПТ$ и $ТПН$ (рис. 136). Уставка мощности, так же как уставка тока и напряжения, может изменяться за счет изменения м. д. с. задающей обмотки или балластных сопротивлений. Поскольку задающая обмотка питается от тахогенератора, характеристика генератора при изменении частоты вращения вала дизеля (позиции рукоят-

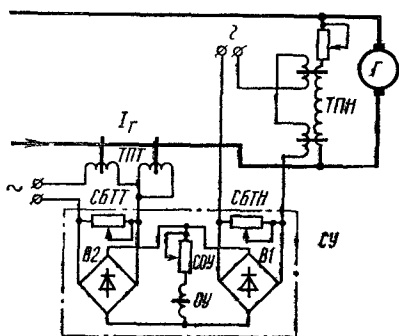


Рис. 136. Принципиальная схема ограничения мощности

ки контроллера) смещается, как это показано на рис. 134.

Узел, состоящий из двух балластных резисторов *СБТТ* и *СБТН*, двух мостовых выпрямителей *В1* и *В2*, обмотки *ОУ* амплистата и резистора *СОУ*, называется *селективной схемой* (см. рис. 136). Селективная схема дает возможность автоматически пропускать в обмотку *ОУ* ток *ТПТ* при ограничении пускового тока и сумму токов *ТПТ* и *ТПН* при поддержании постоянной мощности, а также ток *ТПН* при ограничении максимального напряжения.

При регулировании тока, мощности и напряжения рабочая точка перемещается вдоль характеристики амплистата от *А* до *Г* (см. рис. 133). При этом м.д.с. управляющей обмотки *ОУ* уменьшается незначительно — обычно на 8—12%, а при более крутой характеристике это изменение еще меньше. Рассматривая работу селективной схемы, допустим, что амплистат имеет крутую характеристику и что м.д.с. и ток управляющей обмотки *ОУ* в процессе разгона вовсе не изменяются.

Селективная схема в упрощенном виде представлена на рис. 137. Предположим, что в момент трогания (точка *А* на рис. 133) ток генератора составляет 6500 А, а напряжение 20 В, т. е. на выходе *ТПТ* имеет наибольшее значение, а ток на выходе *ТПН* близок к нулю. Ток *ТПТ* разветвляется. Примерно половина его течет в резистор *СБТТ* (см. рис. 137), остальная часть — в управляющую обмотку *ОУ*; проходящий ток создает на ее обмотке падение напряжения. В свою очередь ток *ТПН* (малый по значению), протекая по резистору *СБТН*, также создает на нем падение напряжения. Это падение напряжения во много раз меньше того, которое создано на обмотке током от *ТПТ*. Поэтому потенциал в точке *б* значительно выше, чем в точке *в*, и ток стремится протекать от *б* к *в*, но в этом направлении его не пропускает выпрямитель *В1*. Ток *ТПН* не проходит в обмотку *ОУ*, а ток *ТПТ* — в *СБТН*. Получается так, как будто трансформатор *ТПН* с резистором *СБТН* «отключен» от управляющей обмотки *ОУ*.

Во время разгона тепловоза *ТПТ* вместе с амплистатом поддерживает постоянный пусковой ток, а токи на выходе *ТПТ*, а также в резисторе *СБТТ* и в управляющей обмотке остаются практически неизменными. Не изменится и напряжение на этой обмотке. Напряжение генератора по характеристике ограничения тока возрастает значительно, поэтому увеличиваются токи на выходе *ТПН* и в резисторе *СБТН*, а следовательно, возрастает падение напряжения на нем и потенциал точки *в*. Сопротивление *СБТН* выбирается таким образом, чтобы в точке *Б* внешней характеристики генератора падение напряжения на *СБТН* от тока *ТПН* было равно падению напряжения на управляющей обмотке от тока *ТПТ*, а следовательно, потенциалы точек *в* и *б* были бы также равны.

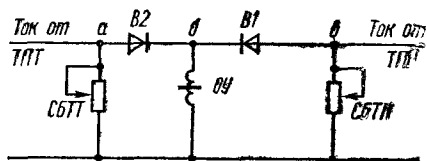


Рис. 137. Упрощенная схема селективного узла

Если напряжение генератора увеличивается, то ток начинает протекать от *в* к *б*, т. е. выход *ТПН* «подключается» к управляющей обмотке. Падение напряжения на *СБТН* и потенциал точки *в* растут с увеличением тока выхода *ТПН* только до момента «подключения» *ТПН* к обмотке, т. е. в дальнейшем падение напряжения на *СБТН* остается неизменным и равным падению напряжения на управляющей обмотке *ОУ*, а также на *СБТТ*. Чтобы поддержать такое равенство, необходимо уменьшить ток, поступающий в обмотку *ОУ* от *ТПТ*, что может произойти только при уменьшении тока генератора. Следовательно, ограничение в точке *Б* заканчивается. С ростом напряжения генератора ток его уменьшается в той мере, в какой увеличивается напряжение. За счет этого на участке *БГ* получается прямолинейная наклонная внешняя характеристика генератора (см. рис. 134) и его мощность в диапазоне токов от *Б* до *Г* поддерживается примерно постоянной.

С ростом скорости при работе по характеристике ограничения мощности доля тока от *ТПН* в управляющей обмотке *ОУ* возрастает, а доля тока от *ТПТ* снижается. Наконец, в точке *Г* доля тока от *ТПТ* становится равной нулю. В управляющей обмотке *ОУ* с этого момента протекает только ток от *ТПН*, а так как м. д. с. и ток управляющей обмотки *ОУ* по-прежнему не могут заметно измениться, то при дальнейшем разгоне остается постоянным ток на выходе *ТПН* и, следовательно, напряжение генератора от точки *Г* до точки *Д*. В точке *Г* весь ток *ТПТ* проходит по резистору *СБТТ*. Сопротивление резистора *СБТТ* выбирают с таким расчетом, чтобы при токе генератора 2900 А ток на выходе *ТПТ* образовал на *СБТТ* падение напряжения, равное падению напряжения на управляющей обмотке *ОУ*. С ростом скорости при работе по характеристике ограничения напряжения ток генератора быстро снижается; соответственно уменьшается ток на выходе *ТПТ* и падение напряжения на *СБТТ*, которое становится меньше падения напряжения на управляющей обмотке. Тогда потенциал точки *б* превысит потенциал точки *а*. Ток от *ТПН* не потечет в *СБТТ* ввиду запирающего действия выпрямителя *В2*.

Таким образом, селективная схема при совместной работе с амплистатом, имеющим крутую характеристику, и трансформаторами постоянного тока и напряжения, токи на выходе которых пропорциональны току и напряжению тягового генератора, обеспечивает плавный переход (без каких-либо переключений) от ограничения пускового тока к ограничению мощности и далее к ограничению максимального напряжения.

28. ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ МОЩНОСТИ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА

Гиперболическая внешняя характеристика генератора, получаемая с помощью специальных возбудителей или магнитных усилителей, еще не обеспечивает достаточно полного использования мощности дизеля. Недостаточно стабильна характеристика возбудите-

ля с расщепленными полюсами из-за явления гистерезиса. Положенные характеристики при увеличении тока возбудителя несколько иное, чем при уменьшении этого тока. У тепловоза ТЭЗ колебания мощности генератора из-за гистерезиса достигают 100—150 кВт. Характеристики возбудителей отличаются из-за технологических отклонений от образцовых экземпляров.

В процессе работы ток возбуждения генератора, поступающий от возбудителя с расщепленными полюсами, изменяется в зависимости от температуры обмотки возбуждения генератора. Изменение температуры и, следовательно, сопротивления обмотки возбуждения генератора вызывает смещение его внешней характеристики (для генератора МПТ 99/47 изменение температуры на 1°C приводит к изменению мощности примерно на 2 кВт; для генератора МПТ 84/39 — примерно на 1 кВт).

В схемах с магнитными усилителями — прямолинейная характеристика, хотя температурные и гистерезисные влияния в ней практически отсутствуют.

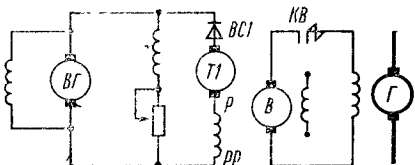
Наконец, свободная мощность дизеля, которую он может отдавать в электропередачу при включении и выключении нагрузок, собственных нужд (компрессора, вентилятора холодильника), все время изменяется; в то же время внешняя характеристика настраивается на одно заранее установленное значение мощности.

Все эти обстоятельства требуют, чтобы в процессе работы тепловоза корректировались положения и уточнялись формы внешней характеристики генератора, с тем чтобы в любом случае свободная мощность дизеля полностью использовалась для тяги. Эта задача выполняется с помощью узла дополнительного автоматического регулирования мощности дизель-генератора (АРМ).

Тахометрическая схема дополнительного регулирования мощности. На тепловозах ТЭЗ в схему (рис. 138) входит тахогенератор *Т1* с независимым постоянным возбуждением от вспомогательного генератора. Якорь тахогенератора последовательно с регулировочной обмоткой возбудителя *P—PP* и выпрямителем *BC1* включен на зажимы вспомогательного генератора тепловоза. Напряжение тахогенератора направлено против напряжения вспомогательного генератора и превышает его на несколько вольт. Под действием этой небольшой разности напряжений в цепи регулировочной обмотки возбудителя протекает ток. Этот ток образует составляющую напряжения возбудителя и тягового генератора, изменяющуюся от нуля до необходимого наибольшего значения при работе схемы АРМ.

Рис. 138 Тахометрическая схема дополнительного регулирования мощности дизель-генератора (АРМ):

Г — тяговый генератор; *В* — возбудитель *ВГ* — вспомогательный генератор; *Т1* — тахогенератор; *BC1* — выпрямитель селеновый; *P—PP* — регулировочная обмотка; *KB* — контактор возбуждения



Заметим, что тахометрическая схема АРМ принципиально не может работать совместно с центробежным регулятором частоты вращения дизеля. Действительно, роль центробежного регулятора сводится к поддержанию частоты вращения коленчатого вала дизеля на каждой позиции неизменной при всяких изменениях его нагрузки и мощности. Если центробежный регулятор выполняет свою задачу и частота вращения вала не изменяется, тахогенератор в схеме АРМ сохраняет свою скорость постоянной и, следовательно, ток в регулировочной обмотке также остается постоянным по значению. Таким образом, схема АРМ не реагирует на изменения нагрузки дизеля.

Чтобы схема АРМ выполняла свою функцию, центробежный регулятор выводится из работы. Это достигается тем, что, дополнительно подмагничивая возбудитель от регулировочной обмотки, увеличивают мощность генератора, в результате чего он начинает перегружать дизель. Центробежный регулятор доводит рейки топливных насосов до упора, после чего его влияние на работу дизеля прекращается. Дизель получает некоторую «просадку» частоты вращения. Эта «просадка» изменяется в зависимости от степени перегрузки дизеля. При включении нагрузки собственных нужд или охлаждении обмотки возбуждения генератора перегрузка дизеля возрастает и «просадка» частоты вращения увеличивается. Это приводит к некоторому уменьшению напряжения тахогенератора и, следовательно, тока в регулировочной обмотке возбудителя. Напряжение возбудителя (и тягового генератора) снизится, а вследствие этого будет устранена большая часть нагрузки дизеля, возникшая от любой из указанных выше причин, за счет уменьшения мощности в электропередаче. Наоборот, если нагрузка дизеля снижается (выключается нагрузка собственных нужд, нагревается обмотка возбуждения генератора и т. п.), «просадка» частоты вращения уменьшается, частота вращения тахогенератора и регулировочный ток возрастают, увеличивается мощность электропередачи, подгружающей дизель, в результате чего большая часть освободившейся мощности поступит в электропередачу и будет использована для тяги. Схема АРМ на тепловозе ТЭЗ работает только на крайнем положении рукоятки контроллера машиниста.

Узел АРМ в схеме возбуждения тягового генератора с МУ. На тепловозах ТЭ10, ТЭП60, 2ТЭ10Л, ТЭ40 и др. используется узел АРМ. Как было показано выше, в схеме с магнитными усилителями прямолинейная внешняя характеристика генератора *БК1* проходит выше характеристики постоянной мощности (см. рис. 134) и, следовательно, равенство мощностей дизеля и генератора наступает при «просадке» частоты вращения. Дополнительная перегрузка дизеля возникает также при включении потребителей собственных нужд — вентилятора холодильника и компрессора. Чтобы не перегрузить дизель и обеспечить его работу с номинальной частотой вращения при всех режимах, применяется система дополнительного регулирования мощности. Для этого на амплитате предусмотрено регулировочная обмотка подмагничивания *ОР*, которая питает

ся от вспомогательного генератора тепловоза через индуктивный датчик ИД. Магнитодвижущая сила этой обмотки складывается с м. д. с. задающей обмотки, образуя при этом суммарную м. д. с. задания.

Питание цепи обеспечивается вторичной обмоткой трансформатора *ТР* (рис. 139), первичная обмотка которого питается от синхронного подвозбудителя или возбуждателя. Изменение тока регулировочной обмотки происходит за счет перемещения якоря ИД, связанного с поршнем регулятора мощности. Изменение положения поршня вызывает перемещение якоря и, следовательно, изменение тока в обмотке *ОР* магнитного усилителя.

Регулятор мощности. Как отмечалось выше, в схемах тепловозов ТЭМ1, ТЭМ2, ТЭ2 и ТЭ1 напряжение тягового генератора регулируется возбудителем с продольно расщепленными полюсами. При таком регулировании мощность дизеля изменяется в зависимости от нагрева обмотки возбуждения генератора (дизель может перегружаться или недогружаться), не используется освободившаяся мощность при отключении агрегатов вспомогательной нагрузки (вентилятор холодильника, компрессор), нагрузка на дизель автоматически не уменьшается при выключении одного цилиндра. Чтобы избежать этих недостатков, на тепловозах ТЭМ1 и ТЭМ2 устанавливают регуляторы мощности вибрационного типа системы ВНИИЖТ.

Регулятор (рис. 140, а и б) состоит из вибрационного замыкателя с подвижным 2 и неподвижным 1 контактами, включенными

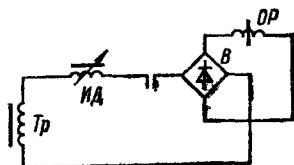


Рис. 139. Схема включения индуктивного датчика в цепь регулировочной обмотки

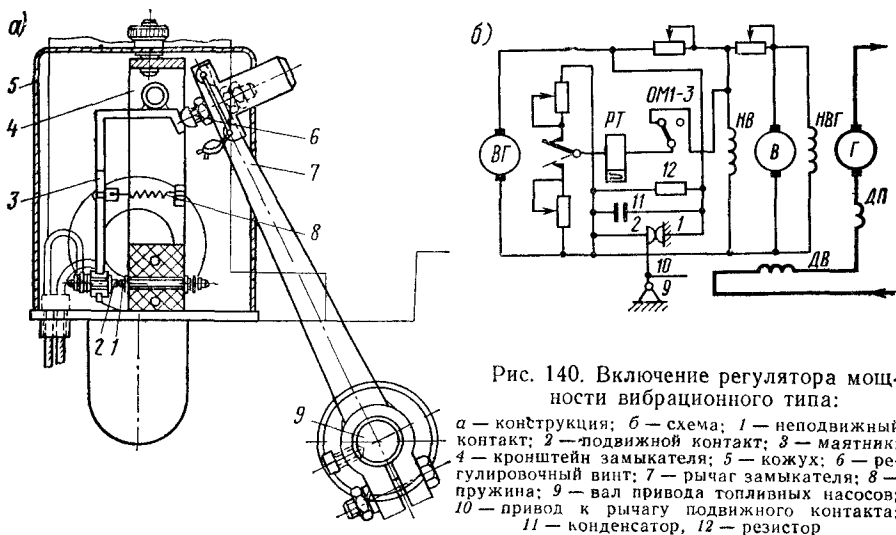


Рис. 140. Включение регулятора мощности вибрационного типа:

а — конструкция; б — схема; 1 — неподвижный контакт; 2 — подвижной контакт; 3 — маятник; 4 — кронштейн замыкателя; 5 — кожух; 6 — регулировочный винт; 7 — рычаг замыкателя; 8 — пружина; 9 — вал привода топливных насосов; 10 — привод к рычагу подвижного контакта; 11 — конденсатор, 12 — резистор

в цепь катушки напряжения реле ограничения тока PT , резистора 12, установленного в ту же цепь, и конденсатора 11. Подвижной контакт перемещается рычагом от вала реек топливных насосов дизеля. Регулятор вступит в работу при подаче топлива, соответствующей номинальной или несколько большей мощности дизеля. В это время рычаг 7 замыкателя нажмет на маятник 3, и тогда подвижной контакт 2 отойдет от неподвижного контакта 1, введет в цепь резистор 12, уменьшая магнитный поток и нагрузочный момент генератора. Вследствие этого частота вращения вала дизеля увеличится и вал 9 рычагов реек топливных насосов повернется так, что контакты 1 и 2 замкнутся. Закоротившийся резистор 12 увеличит возбуждение генератора, а следовательно, и его момент. Тогда дизель будет нагружаться мощностью выше номинальной и процесс повторится. Частота замыкания и размыкания контактов 1 и 2 зависит от скорости изменения нагрузки и частоты вращения вала дизеля (от работы регулятора частоты вращения дизеля).

Вибрационный замыкатель укреплен на корпусе топливного насоса со стороны, противоположной регулятору частоты вращения вала дизеля. Регулятор мощности настраивают при реостатных испытаниях на 16-м или 8-м положении контроллера мощности. Контакты 1 и 2 должны размыкаться при мощности генератора 610—615 кВт, что регулируется винтом 6. Точность поддержания регулятором установленной мощности обеспечивается в пределах 3—4%. Конденсатор 11 предназначен для уменьшения подгара контактов.

При размыкании контактов под током конденсатор заряжается за счет энергии электрической дуги. Во время последующего замыкания контактов конденсатор разряжается на замкнутую цепь, и электрическая энергия конденсатора превращается в тепловую. Вследствие этого работа контактов реле значительно облегчается.

29. СХЕМЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ ГЕНЕРАТОРОВ ТЕПЛОВЗОВ ТЭ10, ТЭП60, 2ТЭ10Л и 2ТЭ10В

Схема возбуждения генератора. В принципиальной схеме возбуждения тягового генератора на тепловозах ТЭ10 и ТЭП60 (160 тепловозов) первых выпусков (рис. 141) в качестве источника переменного тока (возбудителя) применен трехфазный синхронный генератор $СГ$; его напряжение имеет частоту 400 Гц (на 15-й позиции). Номинальное линейное напряжение возбудителя 230 В. От двух фаз возбудителя питается первичная обмотка распределительного трансформатора $ТР$. Для питания цепей $ТПТ$ и $ТПН$ использована вторичная обмотка трансформатора $ТР$.

С ростом тока возбуждения тягового генератора увеличивается токовая нагрузка синхронного возбудителя. Если питать обмотку возбуждения возбудителя только от вспомогательного генератора с постоянным напряжением, то с увеличением нагрузки возбудитель будет существенно размагничиваться, а его напряжение под действием реакции якоря снижаться. Отсюда следует, что в режиме максимально допустимого тока на выходе амплитата напряже-

ние питания значительно понижено. Вследствие этого наибольший ток выхода амплитата уменьшается, так как он зависит от напряжения примерно в прямой пропорции. Поэтому желательно, чтобы с ростом тока возбуждения генератора напряжение возбудителя не снижалось, а, наоборот, несколько возросло.

Для создания такой характеристики применена специальная схема коррекции, содержащая вторичную обмотку распределительного трансформатора, трансформатор коррекции *СТ* и мостовой выпрямитель *ВЗ*. Трансформатор коррекции

является трансформатором постоянного тока и по своему принципу действия аналогичен *ТПТ*. Трансформатор коррекции подмагничивается током возбуждения генератора, следовательно, его выходной ток пропорционален току возбуждения. Этот ток (ток коррекции) выпрямляется мостом *ВЗ* и подается в обмотку возбуждения возбудителя. Таким образом, составляющая тока возбуждения возбудителя, поступающая из узла коррекции, растет с ростом нагрузки возбудителя. Кроме того, обмотка возбуждения возбудителя получает питание от вспомогательного генератора.

При разгоне тепловоза ток возбуждения генератора и ток коррекции возрастают, что приводит к увеличению суммарного тока возбуждения возбудителя. Это увеличение не только компенсирует влияние реакции якоря, но и приводит к некоторому росту напряжения возбудителя.

Независимое возбуждение синхронного возбудителя подается от вспомогательного генератора. После выпрямления в блоках выпрямителей выходной ток амплитата через контактор *КВ* поступает в обмотку возбуждения тягового генератора. Последовательно с обмоткой возбуждения включена обмотка управления трансформатора коррекции *СТ*.

На зажимы переменного тока моста *ВЗ* включен конденсатор, входящий в блок *БК1*, служащий для защиты выпрямителей от перенапряжений. Остальные конденсаторы блоков *БК1* и *БК2* подключены параллельно выпрямителям в цепях рабочих обмоток амплитата и служат тем же целям. В блок *БК2* входит также шун-

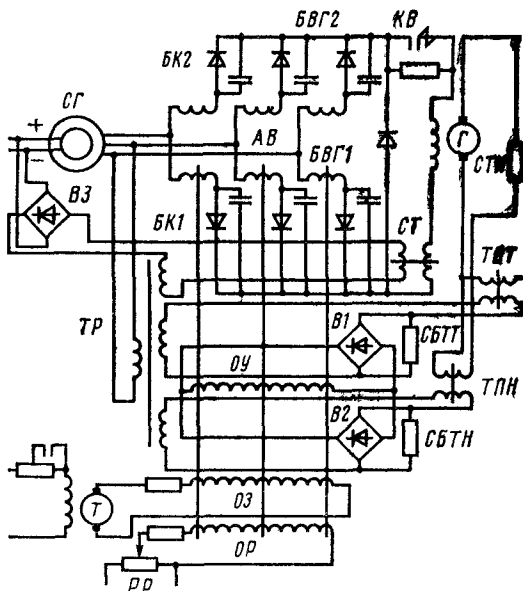


Рис. 141. Принципиальная схема возбуждения тягового генератора тепловоза ТЭ10

тирующий выпрямитель, который улучшает форму характеристики амплистага.

Вторичную цепь *ТПН* питает обмотка распределительного трансформатора *ТР*. От обмоток этого же трансформатора питается цепь *ТПТ*. Цепь возбуждения тахогенератора получает питание одновременно с катушкой контактора *КВ* (при постановке рукоятки контроллера на 1-ю позицию). Последовательно с обмоткой возбуждения тахогенератора установлен резистор.

Резистор имеет ряд ступеней: первая ступень служит для настройки уставки внешней характеристики тягового генератора, вторая — для обеспечения плавного пуска (ступень плавного пуска) и третья вводится в случае отключения любого из отключателей электродвигателей и служит для понижения напряжения тока и мощности тягового генератора при работе с одним отключенным тяговым электродвигателем (ступень аварийного режима).

Регулировочный реостат *РР* включен последовательно с добавочным резистором. Он получает питание от вспомогательного генератора через контактор *ВВ*. От подвижного контакта *РР* получает питание регулировочная обмотка амплистага *ОР*, включенная последовательно с резистором. Обмотка включается контактом реле управления на 4-й позиции контроллера. Задающая обмотка *ОЗ* получает питание от тахогенератора *Т* через добавочный резистор.

Эта схема по сравнению со схемами, использующими возбудители с расщепленными полюсами, имеет ряд преимуществ. Прежде всего автоматическое регулирование пускового тока на **каждом** положении контроллера. Для расширения диапазона регулирования пускового тока на низших позициях дополнительно снижено возбуждение тахогенератора *Т* и синхронного генератора *СГ*. Схема позволяет ограничивать максимальное напряжение тягового генератора, которое не допускает повышения напряжения при буксовании колес, проверке схемы и др. Практически отсутствует влияние нагрева обмоток и гистерезиса на режим работы тягового генератора.

Вследствие того что внешняя характеристика генератора отличается от гиперболической, а также если учесть влияние других эксплуатационных факторов, то схемы с магнитными усилителями и схемы с возбудителями с расщепленными полюсами имеют почти одинаковый диапазон требуемого дополнительного регулирования возбуждения.

Недостатком схемы является значительная мощность магнитного усилителя и блоков выпрямителей. Потери в рабочих обмотках *МУ* увеличивают мощность возбуждения и потери на возбуждение генератора. Так как мощные *МУ* имеют довольно большой ток холостого хода, то могут возникнуть затруднения с получением минимальной силы тяги при трогании одного тепловоза с места.

Схема с магнитным усилителем в цепи возбуждения возбудителя. В схемах современных тепловозов (*2ТЭ10Л*, *2ТЭ10В*, *ТЭП60*) регулирование тягового генератора и дополнительное регулирование дизель-генератора основываются на тех же принципах, что и

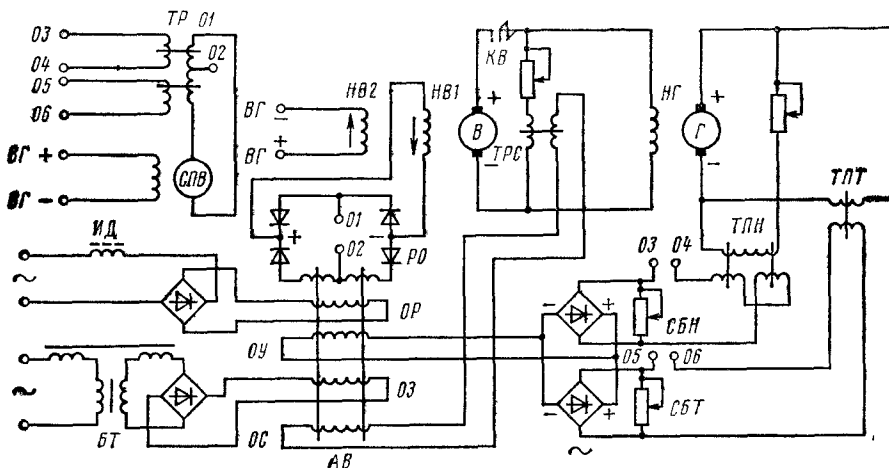


Рис. 142 Схема возбуждения генератора тепловоза типа ТЭ10 с магнитным усилителем в цепи возбуждения возбудителя.

В — возбудитель; *НВ1*, *НВ2* — обмотки возбуждения возбудителя; *ВГ* — зажимы вспомогательного генератора; *КВ* — контактор возбуждения генератора; *СПВ* — синхронный подвозбудитель; *ТРС* — трансформатор стабилизирующий; *ОС* — обмотка обратной связи; *ТР* — трансформатор распределительный; *БТ* — блок тахометрический; *ТПГ* — трансформатор постоянного тока; *ТПН* — трансформатор постоянного напряжения; *СБН*, *СБТ* — балластные резисторы; *ИД* — индуктивный датчик, обеспечивающий связь с объединенным регулятором дзезья

в схемах первых выпусков тепловозов ТЭ10 и ТЭП60. Особенностью схем возбуждения генераторов современных тепловозов является то, что амплистат устанавливается не в цепи обмотки возбуждения тягового генератора, а в цепи возбуждения возбудителя.

Возбудитель представляет собой обычную машину постоянного тока, которая питает обмотку возбуждения генератора. Промежуточный возбудитель, хотя и не меняет существа работы схемы, приводит к полезным изменениям в схеме и аппаратуре. Мощность и размеры амплистата, выпрямительных блоков и других элементов схемы резко уменьшаются. В связи с этим выпрямители на выходе амплистата размещают на небольшой панели; они не требуют воздушного охлаждения, как на первых выпусках тепловозов ТЭ10 и ТЭП60.

Цепи амплистата и трансформатора питаются от небольшого однофазного генератора (подвозбудителя). В связи с этим амплистат выполняется однофазным и его схема упрощается. В возбудителе, кроме основной обмотки возбуждения, применяется также небольшая встречная (размагничивающая) обмотка, получающая питание от вспомогательного генератора. При этом надобность в схеме коррекции отпадает. Исключается из схемы трансформатор возбуждения, так как питание цепи амплистата ввиду его малой мощности может быть взято от распределительного трансформатора. Возбудитель постоянного тока позволяет предусмотреть в схеме аварийный режим. (В случае неисправности схемы воз-

буждения возбудителя его обмотка *НВ2* становится подмагничивающей и питается от *ВГ*).

В новом варианте схемы завода «Электротяжмаш» обмотка возбуждения генератора *Г* получает питание от возбудителя *В* (рис. 142). Для получения требуемых внешних характеристик тягового генератора обмотка возбуждения *НВ1* возбудителя *В* питается от магнитного усилителя *МУ* с самонасыщением (амплистата *АВ*), рабочие обмотки *РО* которого получают питание от синхронного подвозбудителя *СПВ*. Обмотки управления *ОЗ*, *ОУ* и *ОР* включены так же, как и в схеме рис. 141. Следовательно, принцип работы схемы такой же. Вследствие того что в схеме возбуждения появилось промежуточное звено (возбудитель *В*), динамические свойства схемы ухудшились — при переходных процессах (резком изменении напряжения при изменении позиции контроллера машиниста, резком изменении нагрузки и др.) возникают незатухающие колебания. Чтобы избежать этих явлений, ввели стабилизирующую цепь, состоящую из обмотки обратной связи *ОС* и стабилизирующего трансформатора *ТРС*.

На *МУ* расположена четвертая обмотка управления *ОС*, обеспечивающая связь по напряжению возбудителя через трансформатор *ТРС*. Для компенсации тока холостого хода *МУ* возбудителя снабжен обмоткой *НВ2*, магнитодвижущая сила которой действует встречно м. д. с. обмотки *НВ1*. Магнитный усилитель, используемый в этой схеме, имеет лучшую характеристику, так как цепь нагрузки его обладает меньшей индуктивностью.

30. ТИРИСТОРНАЯ СХЕМА ВОЗБУЖДЕНИЯ СИНХРОННОГО ТЯГОВОГО ГЕНЕРАТОРА

На тепловозах ТЭ109, V-300, 2ТЭ116, 2ТЭ121, ТЭП70, ТЭП75 и ТЭМ7 применена тиристорная схема возбуждения тягового синхронного генератора. Применение тиристоров дало возможность исключить синхронный подвозбудитель, увеличить точность и устойчивость регулирования, упростить компоновку электрических машин на тепловозе. Использование в качестве возбудителя машины переменного тока повысило надежность и удешевило систему возбуждения. Чтобы лучше понять тиристорную схему возбуждения, начнем с изучения ее функциональной схемы (рис. 143).

Схема возбудителя включает в себя: *БУВ* — блок управления возбуждением (тиристорами); *УВВ* — управляемый выпрямитель возбуждения (тиристорный мост), нагрузкой которого служит обмотка возбуждения тягового синхронного генератора *ОВГ*; *СВ* — синхронный возбудитель и *СУ* — селективный узел, в котором формируется управляющий импульс i_y в зависимости от тока и напряжения тягового генератора, частоты вращения вала дизеля и сигнала от индуктивного датчика *ИД*. Блок управления в свою очередь состоит из *СП* — статического преобразователя; *МУ* — магнитного усилителя с внутренней обратной связью, выполняющего роль фазосдвигающего устройства; *БГ1*, *БГ2* — двух блокинг-гене-

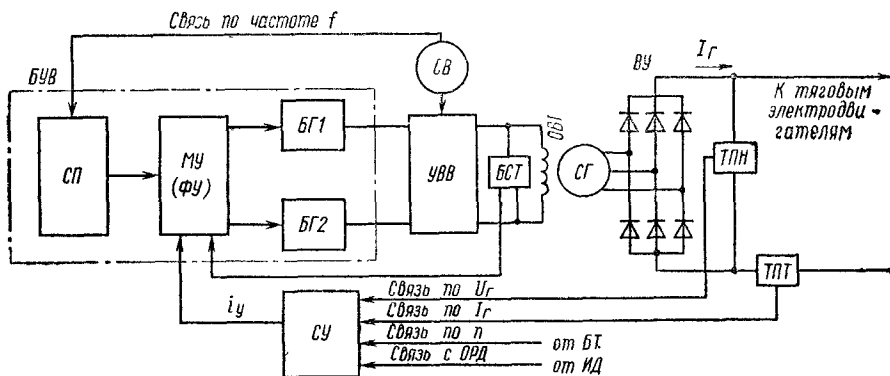


Рис. 143. Функциональная схема возбуждения синхронного генератора:

СП — статический преобразователь напряжения; МУ — магнитный усилитель с внутренней обратной связью (ФУ — фазосдвигающее устройство); БГ1, БГ2 — блокинг-генераторы; УВВ — управляемый выпрямитель; ОБГ — обмотка возбуждения генератора; СВ — синхронный подвозбудитель; СГ — синхронный генератор; ВУ — выпрямительная установка; СУ — селективный узел; ТПТ — трансформатор постоянного тока; ТПИ — трансформатор постоянного напряжения; БТ — тахометрический блок задания; ИД — индуктивный датчик; ОРД — объединенный регулятор дизеля, БУВ — блок управления возбуждением (тиристорами)

раторов, вырабатывающих управляющие импульсы для тиристор. Для того чтобы синхронный генератор имел требуемую внешнюю характеристику, необходимо автоматически изменять по определенному закону его возбуждение.

В рассматриваемой системе для регулирования тока возбуждения генератора $I_{овг}$ используются кремниевые тиристоры типа ВКАУ на 150 А и кремниевые силовые диоды ВК2 на 200 А. Все вентили 6-го класса, т. е. рассчитаны на напряжение 600 В. Надежность работы управляемого тиристорного выпрямителя УВВ определяется двумя факторами: надежностью по силовой цепи тиристоров и по цепи управления.

Надежность по силовой цепи тиристора обеспечивается правильным выбором типа и класса самого тиристора с необходимыми запасами по току и напряжению. Надежность по цепи управления обеспечивается подачей на управляющий электрод импульса определенной формы, длительности и амплитуды. Для получения импульса с такими параметрами применяют специальные схемы управления тиристорами. В схеме возбуждения выбран импульсно-фазовый способ управления тиристорами, обеспечивающий надежное управление ими, широкий диапазон регулирования, четкость момента открытия тиристора.

Элементами схемы управления тиристорами для тепловозов с передачей переменного-постоянного тока являются СП, МУ и два блокинг-генератора БГ1 и БГ2.

Статический преобразователь преобразует напряжение возбудителя $U_{св}$ с искаженной синусоидальной формой в напряжение прямоугольной формы $U_{сп}$ (рис. 144). Состоит СП из насыщающе-

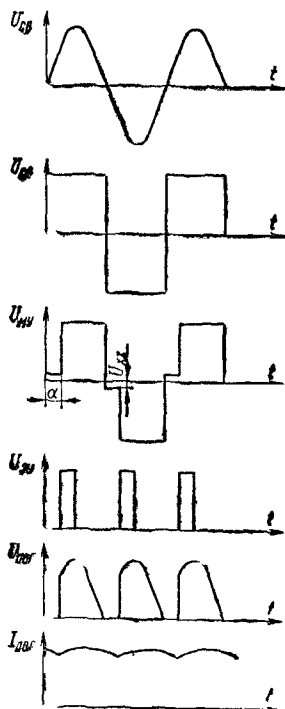


Рис. 144. Диаграмма напряжений и токов

гося трансформатора, двух германиевых транзисторов и двух стабилитронов.

Магнитный усилитель предназначен для изменения момента подачи управляющего сигнала на тиристор. Необходимый диапазон изменения фазы (сдвига во времени) управляющих импульсов определяется конкретной системой регулирования. При питании МУ синусоидальным напряжением максимальный диапазон регулирования составляет примерно 120° эл. Увеличить диапазон регулирования можно за счет питания рабочих обмоток МУ от источника переменного напряжения прямоугольной формы (от СП). При этом максимальный диапазон регулирования может достичь $170-175^\circ$ эл.

Передний фронт напряжения $U_{му}$, определяющий момент подачи управляющего импульса — угол α , может изменяться в зависимости от управляющего сигнала — тока i_y в обмотке управления ОУ магнитного усилителя, который вырабатывается в СУ. Угол регулирования α изменяется пропорционально току i_y , т. е. можно написать, что $\alpha \approx i_y$. Таким образом, изменением тока в обмотке управления можно регулировать подачу управляющих импульсов, т. е. управлять открытием тиристора.

Управляющие импульсы определенной формы, длительности и амплитуды вырабатываются блокинг-генераторами БГ1 и БГ2. Каждый блокинг-генератор формирует импульс в один из полупериодов питающего напряжения. Можно предположить, что в положительный полупериод БГ1 посылает импульс в электрод управления ЭУ тиристора Т1, а в отрицательный БГ2 посылает импульс в ЭУ тиристора Т2.

Каждый БГ состоит из трансистора, трансформатора и диодов (рис. 145). Сигналом для пуска БГ является импульс тока, протекающий через конденсатор С в момент скачка напряжения на выходе МУ. Стабилитроны Ст1 и Ст2 служат для предотвращения ложного пуска БГ от напряжения $U_{хх}$ холостого хода МУ и напряжения заряженного конденсатора.

Управляющие импульсы $U_{зв}$, формируемые БГ, имеют прямоугольную форму (см. рис. 144). Регулирование тока $I_{ог}$ в обмотке возбуждения синхронного генератора производится управляемым выпрямителем возбуждения УВВ (тиристорным усилителем). В два плеча моста включены тиристоры Т1 и Т2, а в другие два плеча — диоды (рис. 145, б и 146). Выпрямитель питается от синхронного возбудителя СВ. Пока на тиристор Т1 не будет подан импульс от БГ1, тиристор Т1 закрыт и напряжение на выходе моста

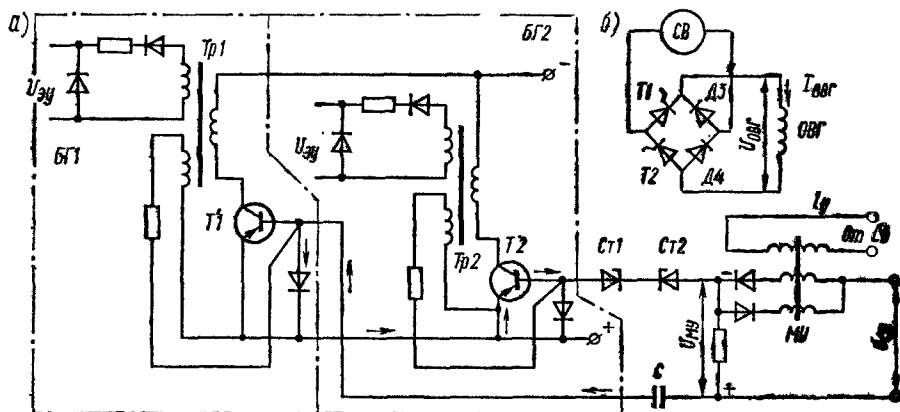


Рис. 145. Принципиальная схема блока управления возбуждением (а), схема управляемого моста (б):

БГ1, БГ2 — блокинг-генераторы; МУ — магнитный усилитель (ФУ — фазосдвигающее устройство); Т1, Т2 — тиристоры; СТ1, СТ2 — стабилитроны; С — конденсатор; Тр1, Тр2 — трансформаторы; ОБГ — обмотка возбуждения генератора; Т'1, Т'2 — транзисторы; Д3, Д4 — диоды

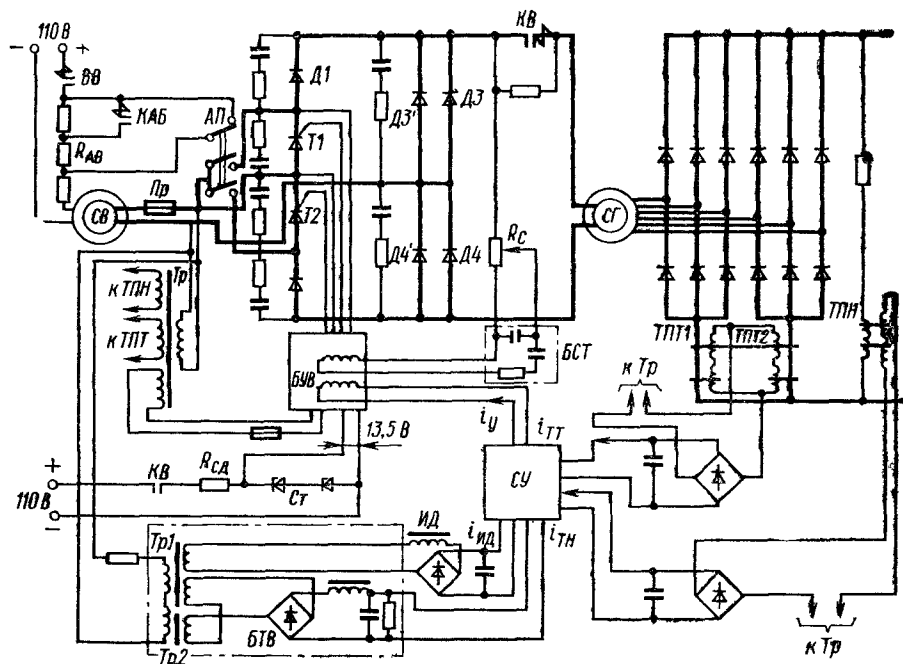


Рис. 146. Принципиальная схема возбуждения синхронного генератора (обозначения см. на рис. 143)

$U_{\text{ОВГ}}$ (на обмотке *ОВГ*) будет равно нулю (см. рис. 144). В определенный момент времени, определяемый углом α , на тиристор *Т1* подается управляющий импульс $U_{\text{зУ}}$, и он открывается. На обмотке *ОВГ* появляется напряжение $U_{\text{ОВГ}}$ и, следовательно, по ней потечет ток $I_{\text{ОВГ}}$. Таким образом, на обмотку возбуждения синхронного генератора подается пульсирующее напряжение $U_{\text{ОВГ}}$. Среднее его значение, а следовательно, и средний ток $I_{\text{ОВГ}}$ зависит от момента подачи управляющих импульсов, т. е. от угла α . Изменяя этот угол при помощи *БУВ* от минимального значения до 180° , будем регулировать ток возбуждения генератора от наибольшего значения до нуля.

Так как обмотка возбуждения обладает значительной индуктивностью, то ток, проходящий по ней, сглаживается. В промежутки, когда тиристоры закрыты, ток замыкается через диоды моста (см. рис. 146). Параллельное соединение диодов *Д3—Д3'* и *Д4—Д4'* вызвано тем, что при внезапном коротком замыкании в цепи статора тягового генератора в обмотке возбуждения возникают большие пики токов.

Блок управления тиристорами (*БУВ*) имеет четыре входные цепи и две выходные. Входные цепи: 1) синхронизирующая цепь переменного тока, получающая питание от синхронного возбудителя *СВ* через распределительный трансформатор *Тр*; 2) цепь постоянного тока, питающаяся от вспомогательного генератора через резистор $R_{\text{сд}}$ и стабилитроны *СТ* (с зажимов двух стабилитронов снимается напряжение, примерно равное 13,5 В, которое используется для питания транзисторов блока); 3) цепь тока управления ($i_{\text{У}}$) *МУ*, питающаяся от *СУ*; 4) цепь стабилизации, питающаяся от блока *БСТ*, предназначенная для обеспечения устойчивой работы схемы (чтобы не возникало незатухающих колебаний). Выходные цепи подают управляющие импульсы в электроды управления тиристоров *Т1* и *Т2*.

Селективный узел *СУ* формирует внешнюю характеристику тягового генератора *СГ*. В *СУ* поступают сигналы обратной связи по току и напряжению генератора от трансформаторов постоянного тока *ТПТ1* и *ТПТ2* и трансформатора напряжения *ТПН*. Эти сигналы сравниваются с сигналами уставки, вырабатываемыми блоком задания *БЗВ* и индуктивным датчиком *ИД*.

Разность сигналов в виде управляющего сигнала $i_{\text{У}}$ поступает в обмотку управления *МУ* блока возбуждения *БУВ*, в котором формируются импульсы, отпирающие тиристоры и регулирующие момент их подачи, в результате чего устанавливается требуемый ток в обмотке возбуждения *СГ*. Принцип действия и устройство трансформаторов *ТПТ* и *ТПН* аналогичны устанавливаемым на тепловозах 2ТЭ10В. В качестве блока задания *БЗВ* используется тахометрическое устройство *БТ*. Напряжение на выходе блока пропорционально частоте возбудителя и, следовательно, частоте вращения вала дизеля. Катушка *ИД* получает питание от *БЗВ*, так как напряжение возбудителя имеет значительные колебания, а напряжение *БЗВ* стабилизировано. При изменении положения сердечни-

ка ИД, связанного с сервоприводом объединенного регулятора дизеля, ток датчика изменяется.

Схема СУ приведена на рис. 147. Собственно узел состоит из потенциометров обратной связи ПОС, потенциометров задания ПЗ и потенциометра индуктивного датчика $R_{нд}$. На ПОС подаются токи от ТПТ и ТПН, вследствие чего на потенциометрах образуются падения напряжения. Сигналы по току генератора — $U_{ао}$, по напряжению — $U_{во}$, по сумме тока и напряжения — $U_{бо}$. На потенциометры задания ПЗ токи поступают от БЗВ, в результате чего образуются падения напряжения $U_{го}$; $U_{до}$ и $U_{ео}$ — сигналы уставки.

Точки отрицательных потенциалов потенциометров соединены через обмотку управления МУ блока БУВ. Точки положительной полярности соединены так, что сигналы обратной связи и уставки канала регулирования действуют встречно. Канал регулирования — это пара сигналов (обратной связи и уставки), в цепь которых включены обмотка управления МУ и разделительный диод ($D1$, $D2$ или $D3$), обеспечивающий требуемую очередность работы каналов.

Под действием разности сигналов ПОС и ПЗ по каналу течет ток, который через блок БУВ изменяет возбуждение генератора так, что регулируется один из участков внешней характеристики генератора (рис. 148). В области больших токов диоды $D2$ и $D3$ (см. рис. 147) будут заперты, так как сигналы обратной связи меньше, чем уставки; работает только канал I — поддерживается ток по прямой ВГ. В точке В происходит открытие канала II и за-

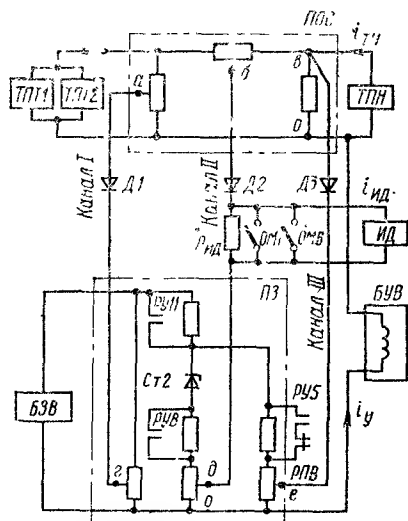


Рис. 147. Схема селективного узла СУ:

ПОС — панель обратной связи; ПЗ — панель задания; БЗВ — блок задания возбуждения (остальные обозначения см. на рис. 143)

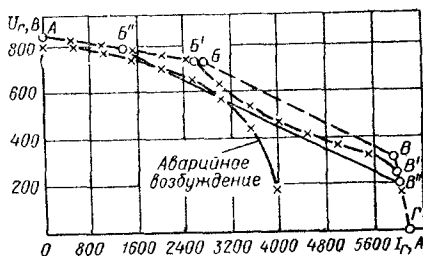


Рис. 148. Внешняя характеристика генератора на 15-й позиции контроллера

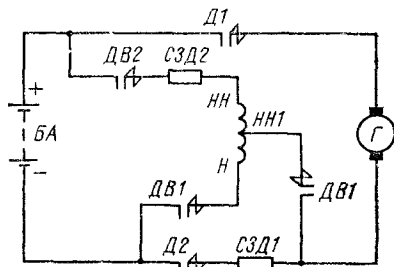


Рис. 149. Принципиальная схема пуска дизеля тепловоза ТЭ10:

БА — аккумуляторная батарея; $D1$, $D2$ — пусковые контакторы; $DВ1$, $DВ2$ — пусковые контакторы возбуждения; $CЗД1$, $CЗД2$ — добавочные резисторы в цепях пуска

крытие I , при этом мощность изменяется по прямой BB . В точке B открывается канал III , а канал II закрывается, напряжение регулируется по прямой BA . Потенциометр $R_{ид}$ включен в канал II , напряжение на $R_{ид}$ суммируется с $U_{до}$, следовательно, сигнал установки по мощности может меняться. При наибольшем токе ID мощность будет регулироваться по прямой BB , а при наименьшем — по $B''B''$.

В процессе работы регулирование происходит по гиперболической кривой $B'B'$.

Изменение характеристики по позициям контроллера машиниста происходит вследствие изменения напряжения $BЗВ$ (изменяется частота вращения вала дизеля) и уставки по мощности объединенного регулятора дизеля. Контакт реле $PУ8$ вводит в $PЗ$ дополнительную ступень сопротивления плавного пуска на 1-й позиции контроллера. Контакты реле $PУ11$ вводят сопротивление в цепь канала II при срабатывании защиты от боксования, т. е. частично снижают мощность $СГ$. При холостом ходе напряжение $СГ$ снижается за счет ввода добавочного резистора в цепь канала III контактами реле $PУ5$ до сопротивления, требуемого для питания мотор-вентиляторов собственных нужд. Этот же резистор вводится при пробое одного из вентилях силовой выпрямительной установки $ВУ$ (размыкаются контакты реле $РПВ$). Максимальное напряжение при этом равно 550 В.

Стабилитрон в цепи уставки канала II предназначен для уменьшения мощности генератора на низших позициях контроллера машиниста. При повреждении одного из тяговых электродвигателей мощность генератора снижается примерно на 17% за счет закорачивания потенциометра $R_{ид}$ контактом отключателя электродвигателя $ОМ$.

Узел стабилизации (см. рис. 146) состоит из потенциометра R_c , блока $БСТ$ и стабилизирующей обмотки управления $МУ$.

Выходное напряжение управляемого выпрямителя возбуждения, на которое подключен R_c , является пульсирующим (напряжение $U_{обг}$ на рис. 144). Оно содержит переменную высокочастотную составляющую, которая поглощается конденсатором фильтра блока $БСТ$ (см. рис. 146). Колебания, возникающие при неустойчивой работе системы, передаются через конденсатор и резистор в стабилизирующую обмотку управления $МУ$. Демпфирующее ее действие устраняет колебания на выходе управляемого моста.

Комплексное противобоксовочное устройство, применяемое на тепловозах 2ТЭ10В, 2ТЭ116, ТЭМ7, ТЭП70, ТЭП75 и 2ТЭ121 последних выпусков, изложено при описании электрической схемы 2ТЭ10В.

Аварийное возбуждение. Если произошло повреждение основной схемы возбудителя, то переключатель $АП$ переводит в аварийный режим. Этим закорачивают тиристоры $T1$ и $T2$ и вводят в цепь возбуждения возбудителя резистор $R_{ав}$.

При аварийном режиме выпрямитель становится неуправляемым, т. е. ток возбуждения генератора для данной позиции остается по-

стоянным. Возбуждение тягового генератора машинист регулирует вручную. Внешняя характеристика для аварийного режима приведена на рис. 148.

31. СХЕМЫ ПУСКА ДИЗЕЛЯ И ЗАЩИТЫ

Схемы пуска. Для пуска вал дизеля необходимо раскрутить до частоты вращения, при которой появляются вспышки в цилиндрах. На большинстве тепловозов в тяговом генераторе постоянного тока предусмотрена пусковая обмотка, которая обычно содержит три витка. При пуске якорь тягового генератора последовательно с пусковой обмоткой подключается к аккумуляторной батарее с помощью двух контакторов *Д1* и *Д2* (см. схемы тепловозов 2ТЭ10В и ТЭМ2).

На магистральных тепловозах последних выпусков батареи двух секций на время пуска дизеля соединяются параллельно, для чего используется третий пусковой контактор *Д3*. На тепловозах ТЭ10 и ТЭП60 первых выпусков применялись схемы пуска дизелей, в которых генератор, не имеющий пусковой обмотки, возбуждался от основной обмотки возбуждения (см. рис. 149).

При пуске дизеля после окончания прокачки масла получают питание катушки контакторов *Д1*, *ДВ1*, *ДВ2* и реле времени. Замкнувшись, контакты контакторов *ДВ1* и *ДВ2* подключают обмотку возбуждения тягового генератора к аккумуляторной батарее; средний вывод обмотки *НН1* присоединяют к минусовой цепи тягового генератора. В обмотке возбуждения генератора появляется и растет ток от аккумуляторной батареи.

Вслед за *ДВ1* включается контактор *Д1*. После того как *Д1* включился, часть обмотки возбуждения генератора *НН—НН1*, содержащая катушки двух полюсов, оказывается зашунтированной сопротивлением якоря генератора. Сопротивление якоря очень мало, поэтому ток в этой части обмотки, не успев увеличиться, остается весьма малым. В часть обмотки возбуждения *НН1—Н*, состоящей из катушек восьми полюсов, ток от батареи поступает по-прежнему (через обмотку якоря генератора) и продолжает увеличиваться.

Реле времени задерживает включение контактора *Д2*. Эта выдержка времени позволяет току в катушках восьми полюсов генератора нарасти до полного значения. Когда контактор *Д2* включится, ток от батареи поступит в якорь генератора; начнется раскрутка вала дизеля. По мере разгона напряжение на зажимах якоря генератора увеличивается и соответственно возрастет ток в части обмотки возбуждения *НН—НН1*. Другая часть обмотки (*НН1—Н*) после включения *Д2* шунтируется резистором *СЗД1*. Сопротивление его выбирается таким образом, чтобы обеспечить устойчивый проворот вала дизель-генератора с определенной частотой вращения.

Когда произойдут вспышки в цилиндрах, частота вращения дизеля и противо-э.д.с. генератора увеличатся, ток в цепи батареи

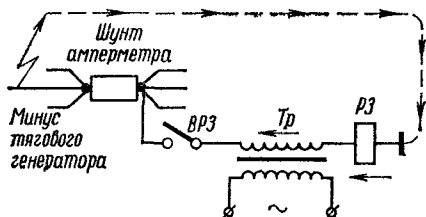


Рис 150 Схема включения реле заземления на переменном токе:

Тр — трансформатор, *РЗ* — катушка реле заземления, *ВРЗ* — выключатель реле заземления

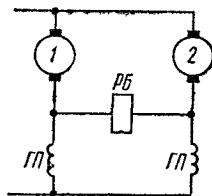


Рис. 151 Схема включения реле боксования при параллельном соединении электродвигателей:

РБ — катушка реле боксования; *1, 2* — якоря тяговых электродвигателей *ГП* — обмотка главных полюсов электродвигателей

снизится, соответственно уменьшится падение напряжения на резисторе *СЗД1* и ток в части обмотки *НН1—Н*. Сопротивление *СЗД2* выбирается таким, чтобы в момент достижения дизелем частоты вращения 400 об/мин (холостой ход) противо-э.д.с. генератора была равна напряжению батареи; при этом ток в цепи батареи (а также в части обмотки *НН1—Н*) становится близким к нулю.

Рассмотренная схема значительно сложнее, чем схема с использованием пусковой обмотки. Кроме того, имеется опасность перехода генератора с двигательного режима на генераторный из-за увеличения его напряжения и тока в части обмотки *НН—НН1* (если *БА* не отключить во время от *Г*). При генераторном режиме ток достигает больших значений (до 1000 А) вследствие малого сопротивления аккумуляторной батареи и она выходит из строя.

Схема пуска дизеля ТЭП60 работает аналогично, но в ней отсутствует цепь, содержащая контактор *ДВ2*, резистор *СЗД2* и промежуточный вывод обмотки возбуждения *НН1*. При этом в процессе пуска вся обмотка возбуждения генератора соединяется последовательно с якорем и после включения контактора *Д2* шунтируется резистором.

Пуск дизеля на тепловозах с передачей переменного тока осуществляется от аккумуляторной батареи при помощи стартер-генератора.

Защита в электрической схеме. В схеме тепловоза предусмотрены сброс (снятие) нагрузки при пробое изоляции на корпус и защита от разного боксования.

Нагрузка сбрасывается с помощью реле заземления. Конструкция реле заземления и схема подключения описаны в гл. III. На небольшом количестве тепловозов применена более совершенная схема защиты от заземления (рис. 150). В этой схеме последовательно с катушкой реле включается вторичная обмотка трансформатора *Тр*. Первичная обмотка трансформатора питается от источника переменного тока. Как только возникнет заземление, образуется замкнутый контур с катушкой реле. В этом контуре, кроме напряжения тягового генератора, действует напряжение трансфор-

матора. При заземлении в минусовых частях силовой цепи, когда напряжение от тягового генератора в этом контуре недостаточно для срабатывания реле, оно срабатывает от напряжения трансформатора. Таким образом, схема защиты от заземления с трансформатором обеспечивает защиту всех участков силовой цепи.

Для защиты от разностного боксования в схеме тепловоза установлены реле боксования. Схема включения реле боксования для тепловозов ТЭЗ и его конструкция приведены в гл. III.

При параллельном соединении электродвигателей (тепловозы типов ТЭ10 и ТЭП60) катушка реле включается, как показано на рис. 151. При боксовании одной из осей ток в цепи электродвигателя боксующей оси уменьшается, при этом уменьшается падение напряжения на обмотке возбуждения данного двигателя. Падение напряжения на обмотке электродвигателя небоксующей оси остается прежним. Вследствие этого образуется разность потенциалов на зажимах катушки реле и оно срабатывает. На тепловозе устанавливаются обычно три реле боксования, располагающиеся в одном блоке; каждое реле защищает два электродвигателя.

ГЛАВА VI

СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ТЕПЛОВЗОВ

32. ТИПЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ

Локомотив, работающий на линии, требует изменения режима работы основных агрегатов в широких пределах, т. е. он должен быть снабжен системой управления. На тепловозах применяются системы управления с дистанционным управлением, в которых переключения в силовой цепи производятся контакторами и другими аппаратами, управляемыми контроллером, установленным на посту машиниста. Как отмечалось при описании конструкции электрических аппаратов, все аппараты, включаемые в силовую цепь, состоят из двух частей — силовой и низковольтной, соединенной с контроллером машиниста.

Поворотом рукоятки контроллера или штурвала осуществляются переключения низковольтных цепей, которые включают или выключают высоковольтную часть контактора или устанавливают аппарат в требуемое положение. Последовательность замыкания контакторов достигается введением соответствующих зависимостей включения тех или других аппаратов при помощи блокировочных устройств. Дистанционное управление дает возможность управлять с одного поста контакторами и аппаратами нескольких тепловозов. Для этого цепи управления тепловозов соединяют между собой параллельно. Такое управление называется *управлением по системе многих единиц*.

На тепловозах нашло широкое применение дистанционное управление, которое может быть ручным и автоматическим. Обычно бывает автоматизировано лишь регулирование мощности, разгон же тепловоза осуществляется ручным дистанционным управлением путем применения нескольких пусковых положений контроллера машиниста. На всех тепловозах, работающих на дорогах СССР, применено автоматическое регулирование мощности генератора, переключение тяговых электродвигателей с одного соединения на другое и изменение возбуждения электродвигателей.

Электрической схемой называется графическое изображение электрических машин, аппаратов и соединяющих их цепей с указанием предусмотренного взаимодействия между ними.

Электрические схемы по ГОСТ 2.701—76 и 2.702—75 могут быть структурные, функциональные, принципиальные (полные), соединений, подключения, общие и расположения.

Структурные схемы используются для общего ознакомления с электропередачей тепловоза. На них изображают основные электрические машины и аппараты в виде условных графических обо-

значений или прямоугольников с указанием основных связей между ними.

Функциональные схемы составляют для пояснения принципов работы электрических машин, аппаратов, отдельных систем. Отдельные машины, аппараты изображаются в виде условных графических обозначений или прямоугольников.

Принципиальные (полные) схемы тепловозов используются для изучения принципов работы, при регулировке, контроле и ремонте. На них изображают все элементы схемы и связи между ними. Отдельные элементы аппаратов включаются в соответствующие цепи схемы и обозначаются одинаковыми буквами или цифрами.

Схемы соединений (монтажные) выполняются для соединений между высоковольтными камерами, пультами управления и пр.

Схемы подключения показывают внешние подключения электрических машин и аппаратов.

Схемы общие изображают все устройства и их соединения.

Схемы расположения изображают расположение всех устройств с учетом их фактической установки на тепловозе.

На электрических схемах машины и аппараты изображены в соответствии с общепринятыми условными обозначениями по ЕСКД ГОСТ 2.721—76—2.748—76. При этом полагают, что дизель не работает. Положения контактов реле и контакторов показаны в обесточенном состоянии. Выключатели изображают в выключенном положении, за исключением тех, для которых нормальным является включенное положение (рубильник реле заземления, выключатель управления переходом, замыкающие контакты конечных выключателей дверей и валоповоротного механизма).

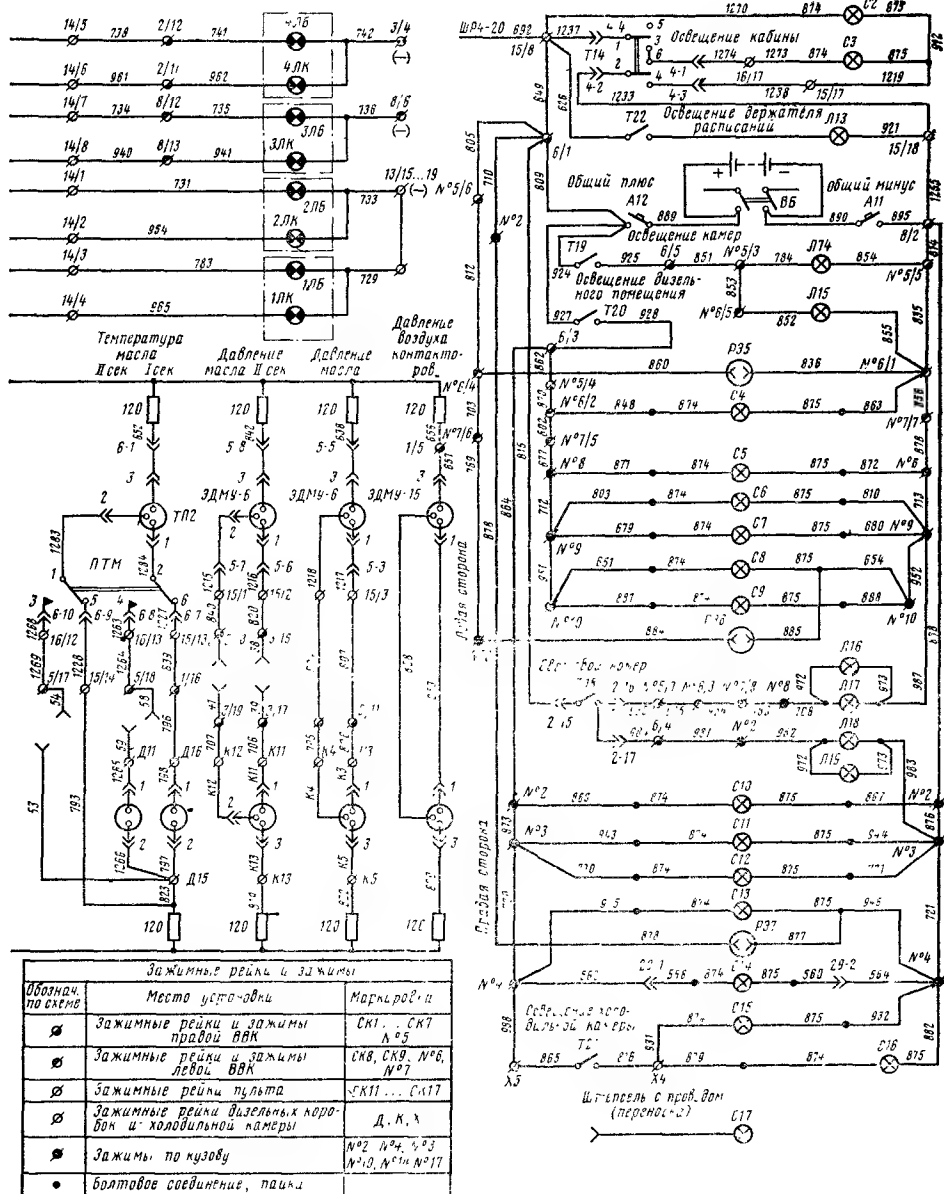
Силовые и блокировочные контакты реверсора изображают на ведущей секции в положении «Вперед», на ведомой — в положении «Назад». Переключатели электродвигателей показаны в таком положении, когда все двигатели работают. Все переключатели для автоматического или ручного управления показаны для режима автоматического управления.

Отдельные цепи схемы изображены в разных местах, соединяются общими зажимами зажимных реек или распределительных коробок. Эти зажимы изображены на обоих листах и отмечены буквами А с цифрами или обведены окружностями.

33. СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ТЕПЛОВОЗА 2ТЭ10В

Электрическая схема одной секции тепловоза (рис. 152, см. вкладку в книге) достаточно сложна. Чтобы облегчить изучение электрической схемы, рассмотрим ее по цепям. Отдельно на рис. 153 приведена схема вспомогательных цепей.

Силовая цепь. Цепь (см. рис. 152) состоит из тягового генератора Г, тяговых электродвигателей 1—6, реверсора ПР, силовых контакторов П1—П6, контакторов ВШ1 и ВШ2, резисторов ослаб-



ления возбуждения *СШ1—СШ6*. К силовой цепи также можно отнести и цепь пуска, куда входят пусковые контакторы *Д1—Д3* и аккумуляторная батарея *БА*.

Разгон тепловоза и движение с малыми скоростями происходит на полном возбуждении тяговых электродвигателей. При этом создается цепь: плюс *Г* (вывод *Я1*), провода *531—536*, силовые контакты контакторов *П1—П6*, якоря электродвигателей. Проследим цепь первого двигателя. Ток через контактор *П1* поступает к якору двигателя *1*, идет по обмотке добавочных полюсов, проводу *544*, контактам реверсора *ПР*, проводу *634*, обмотке возбуждения *С1—С2*, проводу *624*, контактам реверсора *ПР*, проводу *604*, шунту амперметра *104*, проводу *598—603*, обмотке добавочных полюсов генератора *ДП*, на минус генератора (вывод *Я2*): Цепи питания параллельно соединенных электродвигателей *2—6* аналогичны.

При движении вперед выводы *Я2* электродвигателей *1, 2, 3* соединены с выводом *С1* их обмоток возбуждения, а электродвигатели *4, 5, 6* — с выводом *С2*. Это обусловлено тем, что двигатели подвешены с различных сторон осей колесных пар. Следовательно, для вращения их в одном направлении якоря двигателей должны вращаться в разные стороны. При установке реверсора в положение «Назад» замыкается другая пара контактов и изменяет направление тока в обмотках возбуждения двигателей — тепловоз движется в противоположном направлении.

С увеличением скорости до *38—40 км/ч*, что соответствует току генератора на *15-м* положении контроллера *3050—3100 А*, срабатывает реле *РП1*, замыкает цепь питания катушки группового контактора ослабления возбуждения первой ступени *ВШ1*. Силовые контакты контактора *ВШ1* подключают резисторы, шунтирующие обмотки возбуждения электродвигателей *СШ1—СШ6*. Создаются две цепи питания: первая — контакты реверсора *ПР*, провод *634*, обмотка *С1—С2*, провода *624, 604*, минус *Г*; вторая — контакты реверсора *ПР*, провод *557*, контакты *ВШ1*, резистор *СШ1*, провод *618*, минус *Г*. Аналогичные цепи создаются в двигателях *2* и *3*. В двигателях *4—6* направление тока в обмотках возбуждения противоположно. При подключении резисторов ослабления возбуждения первой ступени ток возбуждения двигателей составляет *60%* тока якоря.

При повышении скорости движения до *55—60 км/ч*, что соответствует току генератора *2850—2900 А* на *15-й* позиции контроллера, срабатывает реле перехода ослабления возбуждения второй ступени *РП2* и замыкает цепь питания катушки *ВШ2*. В дополнение к подключенным шунтирующим резисторам подсоединяются вторые элементы резисторов *СШ1—СШ6*. При этом по обмоткам возбуждения протекает *37%* тока якоря.

Пуск дизеля и работа его без нагрузки. Чтобы обеспечить автоматический пуск дизелей, необходимо выполнить следующие операции: на обеих секциях включить разъединители *ВБ* аккумуляторных батарей и автоматы: *А4* «Топливный насос», *А5* «Работа

дизеля», *А13* «Управление дизелем», переключатель режимов *ПКР* поставить в положение «Две секции».

После этого на пульте ведущей секции вставить рукоятку тормоза *БУ*, включить автомат *А13* «Управление», установить реверсивную рукоятку в одно из рабочих положений «Вперед» или «Назад» и убедиться, что штурвал контроллера машиниста находится в нулевом положении. После включения тумблера «Топливный насос» на ведущей секции включается контактор *КТН*. Катушка *КТН* питается через межтепловозное соединение от ведомой секции по цепи: зажим *1/4* («+»), автомат *А5*, замкнутые контакты *ПКР* (*314, 350*) и реверсивного барабана (*826, 828*), провод *62* межтепловозного соединения ведомой секции, далее через межтепловозное соединение на провод *51* ведущей секции, замкнутый контакт *ПКР* (*930, 320*), тумблер «Топливный насос» (*892, 353*), контакты реверсивного барабана в положении «Вперед» или «Назад» (*907, 354*), размыкающий контакт реле *РУ7* (*937, 362*) и на катушку *КТН*.

Через размыкающие контакты *РУ7, РУ8* и *РУ6* включается электропневматический вентиль *ВП9*, который отключает пять топливных насосов при работе дизеля на холостом ходу и 1-й позиции контроллера. От автомата *А10* через контакт *РУ10* (*993, 1331*) получает питание электромагнит *МР5*, устанавливающий индуктивный датчик на минимальный упор до 4-й позиции контроллера для облегчения пуска дизеля в связи с введением корректора наддува воздуха.

Контактор *КТН* силовым контактом (*225, 255*) через автомат *А4* включает электродвигатель топливного насоса *ТН*, а через размыкающие контакты *Д1, Д3* (*918, 919, 917*) и *ВВ* (*226, 231*) — электропневматический вентиль *ВП6*, который отключает левый ряд топливных насосов при работе дизеля без нагрузки.

Другой силовой контакт *КТН* (*289, 791*) шунтирует контакт реверсивного барабана контроллера, что необходимо при переходе с одного поста управления на другой на работающем тепловозе; размыкающий контакт *КТН* (*337, 329*) в цепи *Д1—Д3* предотвращает проворот вала дизеля при работающем топливном насосе, замыкающий контакт (*327, 372*) подготавливает цепь питания катушки реле *РУ6*.

Затем пуск выполняется автоматически. При нажатии кнопки «Пуск дизеля» *ПД1* включается реле *РУ6* по цепи: зажим *11/2* («+»), автомат *А13* «Управление», замкнутые контакты *БУ* и реверсивного барабана контроллера в положении «Вперед» или «Назад» (*1222, 1242*), замкнутый на нулевой позиции контакт *4* контроллера (*1066*), размыкающий контакт реле *РУ16* (*1185, 1072*), кнопка *ПД1*, размыкающий контакт реле *РУ9* (*324, 337*), замыкающий контакт контакторов *КТН* (*372, 327*), контакт реле *РВ2* (*327, 321*) и на катушку реле *РУ6*. Реле *РУ6* одним замыкающим контактом (*200, 220*) подает питание катушке реле времени *РВ1*, а другим (*362, 337*) обеспечивает питание цепей пуска дизеля, минуя кнопку «Пуск дизеля» *ПД1*.

Замыкающий контакт мгновенного действия *PВ1* (283, 345) собирает цепь катушки контактора *КМН*; замыкающий контакт *PВ1* с выдержкой времени на замыкание (283, 325) обеспечивает прокачку маслом системы дизеля перед пуском в течение 90 с. Контактор *КМН* собирает цепи: замыкающий контакт (294, 295) — включает электродвигатель маслопрокачивающего насоса *МН*; замыкающий контакт (325, 326) — подготавливает цепь питания пусковых контакторов *Д1—Д3*; замыкающий контакт (334, 366) — подготавливает цепь питания реле *PВ2*. По истечении 90 с замыкающий контакт *PВ1* (283, 325) подает питание через замыкающий контакт контактора *КМН* и размыкающий контакт контактора *КВ*, контакты конечного выключателя валоповоротного механизма 105 на катушку пускового контактора *Д1*.

Блокировочный контакт 105 установлен для предохранения от поломки валоповоротного устройства (предназначенного для ручной прокрутки коленчатых валов дизеля) и перегрузки аккумуляторной батареи. При пуске дизеля червячное колесо валоповоротного механизма должно быть выведено из зацепления; тем самым осуществляется отключение устройства. Только в этом случае контакт 105 замкнется.

Силовые контакты контактора *Д1* соединят минус аккумуляторной батареи с пусковой обмоткой *П* тягового генератора, а замыкающий контакт *Д1* (367, 250) создает цепь катушек контакторов *Д3* обеих секций. Катушка *Д3* собственной секции питается по проводу 250, а второй секции — по проводам 249, 50 своей секции; межтепловозное соединение — по проводам 50, 249, 250, а затем ток идет на катушку *Д3*, провод 251 и минус *БА*. Силовые контакты *Д3* соединяют параллельно плюсовые зажимы аккумуляторных батарей первой и второй секции на время пуска. Минусы батарей соединены проводами 393 и 293 постоянно. Замыкающий контакт *Д3* (246, 248) создает цепь катушки контактора *Д2*.

Силовой контакт *Д2* соединяет плюс батареи с цепью тягового генератора.

Чтобы получить вспышки в цилиндрах дизеля, необходимо подать в них топливо, а это возможно после включения в работу регулятора частоты вращения дизеля, который установит рейки топливных насосов в требуемое положение. Регулятор дизеля устанавливает в рабочее положение рейки топливных насосов после включения тягового магнита *ЭТ*. Катушка магнита *ЭТ* дизеля получает питание, как только замкнется контакт контактора *Д1* между проводами 241 и 247. Цепь катушки *ЭТ* следующая: плюс *БА*, зажим 6/17, провод 241, замыкающий контакт *Д1*, провода 311, 258, тумблер *Т17* «Маслопрокачивающий насос», провода 330, 248, $\delta 12$, катушка *ЭТ*, провода $\delta 14$, 254, общий минус.

При включении контактора *Д2* его замыкающий контакт (242, 243) создает цепь катушки электропневматического вентиля *ВП7* (ускорителя пуска); плюсовой зажим 6/17, провода 241, 242, замыкающий контакт *Д2*, провода 243, 244, $\delta 10$, катушка *ВП7* и далее на минус по проводам $\delta 9$, 254. Вентиль срабатывает и обеспечива-

ет в период пуска дизеля повышенное давление масла под силовым поршнем объединенного регулятора мощности; рейки топливных насосов установятся почти на максимальную подачу топлива. Дизель начнет работать.

Когда в верхнем коллекторе дизеля давление масла достигнет 50—60 кПа, срабатывает реле давления масла *РДМ1*, контакты которого создают цепь питания катушек реле *РУ9* и *ЭТ*. Срабатыванием *РДМ1* заканчивается пуск дизеля. Включившись, реле *РУ9* контактом между проводами 324 и 337 разрывает цепь питания катушек *РУ6*, *Д1*, *Д2*, *Д3* и *КМН*. Реле *РУ6* своим замыкающим контактом прерывает цепь катушки *РВ1*.

При работе дизеля катушка *ЭТ* получает питание через контакты *РДМ1* и реле *РУ9* (228, 230), чем обеспечивается защита дизеля от пониженного давления масла. Если давление масла упадет ниже 50 кПа (что грозит выходом из строя подшипников коленчатого вала), контакты реле *РДМ1* разомкнутся, катушка *ЭТ* обесточится и дизель остановится.

Продолжительность пуска дизеля ограничивается реле времени *РВ2*, которое отрегулировано на 30 с. По истечении 30 с размыкающий контакт реле *РВ2* (327, 321) разрывает цепь *РУ6*, а замыкающий контакт *РВ2* (между проводами 1147 и 1146) замыкает цепь питания катушки *РУ9*, и схема автоматического пуска разбрасывается.

Схемой предусмотрена предварительная прокачка масла вручную при помощи тумблера *Т17* «Маслопрокачивающий насос», включенного между проводами 258 и 330. В цепи пуска добавлены блокировочные контакты *ВШ1* и *ВШ2* и реле *РУ18*. Эти введенные дополнения исключают возможность проворота вала дизеля и работы песочниц на неработающей секции, если на работающей проверяют ослабление возбуждения.

Размыкающие контакты *Д1* и *Д3* (918, 919, 917) собирают цепи питания (через зажимы связи 2 и 8) обмотки возбуждения вспомогательного генератора *ВГ* и регулятора напряжения БРН-3В.

Когда напряжение *ВГ* превысит напряжение *БА*, начнется заряд батареек по цепи: плюс *ВГ*, провод 395, предохранитель на 160 А, провод 373, диод *ДЗБ*, провод 379, резистор *СЗБ*, провод 386, шунт 103, провод 391, предохранитель на 125 А, провода 392, 493, нож рубильника *ВБ*, кабель 396, плюс *БА*. Минусы аккумуляторной батареи и вспомогательного генератора соединены через кабель 394, нож рубильника *ВБ* и кабель 397.

Резистор *СЗБ* введен в цепь заряда для уменьшения толчков тока при подключении генератора *ВГ* на разряженную батарею. При этом большой зарядный ток создает значительное падение напряжения на резисторе и тем самым уменьшает напряжение, подводимое к батарее. По мере заряда ток уменьшается, следовательно, падение напряжения на *СЗБ* также снижается, а напряжение, подводимое к батарее, увеличивается. Такое перераспределение напряжения улучшает условия заряда аккумуляторной батареи.

Чтобы не перегрузить генератор *ВГ* во время пуска дизеля, блокировочные контакты контакторов *Д1* и *Д2* в цепи возбуждения *ВГ* размыкаются. Одновременно прекращается питание вентиля *ВП6*, обеспечивая пуск дизеля на двадцати топливных насосах.

Замыкающий контакт *КМН* (325, 326) гарантирует включение контакторов *Д1—Д3* только при работающем *МН* во время пуска дизеля. Размыкающий контакт *КВ* (326, 287) исключает ошибочное включение контакторов *Д1—Д3* при работе тепловоза в тяговом режиме. Размыкающий контакт реле *РУ8* (362, 348) в цепи *РУ6* предотвращает пуск дизеля на позициях контроллера выше 1-й. Размыкающие контакты *Д1* и *Д2* (108, 109, 177) исключают возможность включения контакторов *ВВ* и *КВ* при случайном включении пусковых контакторов и тем самым предохраняют *БА* и низковольтные цепи от высокого напряжения тягового генератора. Замыкающий контакт *РУ9* в цепи *ВВ* снимает возбуждение генератора при аварийной или случайной остановке дизеля при работе под нагрузкой.

Питание *МР5* осуществляется по цепи: зажим *1/1 (+)*, автомат *А9* «Вентиляторы кузова», провода 695, 224, автомат *А10* «Управление дизелем», провода 225, 223, 993, разъем 25—25, размыкающий контакт *РУ10*, провода 1331, 1056, 013, катушка *МР5*. Цепь питания катушек контакторов *Д2* и *Д3*: зажим *1/4 (+)*, автомат *А5*, провода 317, 367, замыкающий контакт *Д3*, катушка контактора *Д2*, замыкающий контакт *Д1*, провод 250, катушка контактора *Д3*. Цепь питания электропневматического вентиля *ВП6*: зажим *1/4 (+)*, автомат *А9*, провода 695, 224, автомат *А10*, провод 225, замыкающий контакт *КТН*, провода 236, 918, размыкающий контакт *Д1, Д3* (918, 919, 917), провода 235, 226, размыкающий контакт *ВВ*, провода 231, 232, *Д8*, катушка вентиля *ВП6*.

Приведение тепловоза в движение. Для приведения тепловоза в движение нужно штурвал контроллера машиниста установить в положение «Холостой ход», перевести рукоятку реверсивного механизма в одно из рабочих положений «Вперед» или «Назад», включить автомат «Управление тепловозом» и переставить штурвал контроллера в 1-е положение. При постановке реверсивной рукоятки в положение «Вперед» второй сверху палец на реверсивном барабане замыкается и подготавливает цепи катушек реверсора *ПР* и силовых контакторов.

Цепь катушек *ПР*, зажим *11/2* (плюс цепи управления), провод автомата 346, контакт автомата *А13*, провода 332, 1232, блокировка крана машиниста *БУ*, провода 1231, 1222, контакты реверсивного барабана *КМ*, провод 1242, контакты контроллера машиниста *КМ*, провод 219, тумблер *УТ* «Управление тепловозом», провод *А87*, перемычка, шунтирующая контакт *К* ключа ЭПК автостопа, провод *А95*, провод *А86*, замкнутый контакт реверсивного устройства *КМ* «Вперед», провода 105, 106, 107, катушка реверсора *ПР* «Вперед» (*В*) и далее на минус.

Контакт *КМ* (11-й) включает *РУ4* по цепи: провода 300, 301, 302, катушка реле *РУ4* и далее на минус по проводам 364, 146.

Реле *РУ4* срабатывает и замыкает свои замыкающие контакты в цепи катушки *РУ2* между проводами *1346* и *1347*, подготавливая его включение. После *РУ4* выключается на 12-й позиции, но отключение контактора *КВ* не произойдет, так как параллельно контакту *РУ4* замкнутся контакты реле давления масла *РДМ2* между проводами *117* и *120*. Замыкание *РДМ2* происходит при давлении в верхнем коллекторе масляной системы дизеля 110 кПа ($1,1 \text{ кгс/см}^2$).

Питание катушки реле времени *РВ3* аналогично катушкам реверсора до провода *107*, а далее: размыкающий контакт *ПР*, провод *313*, катушка *РВ3*. Когда реле *РВ3* получит питание, мгновенно замыкаются его контакты (с выдержкой времени при размыкании) в цепи вентилях контакторов *П1—П6* и создается цепь питания их катушек: плюс *ВГ*, провода *242*, *181*, замыкающий контакт *РВ3*, провода *1064*, *178*, контакты тумблеров *ОМ1—ОМ6*, катушки *П1—П6*, провод *180*, минус цепи управления. Замыкающие контакты контакторов *П1—П6* подготавливают цепь питания катушек контакторов возбуждения *КВ* и *ВВ*. С отключением одного из тяговых двигателей тумблером *ОМ* выключается соответствующий контактор *П*, цепь катушек *КВ* и *ВВ* сохраняется.

Цепь катушки контактора *КВ*: автомат «Управление тепловозом», провода *1235*, *А87*, *А95*, *А86*, провод *107*, размыкающий контакт *ПР*, провод *108*, размыкающие контакты *Д2* и *Д1*, контакты конечных наконечников, дверей *БД4—БД1*, размыкающий контакт реле заземления *РЗ*, провод *111*, размыкающий контакт *РУ8*, провод *144*, замыкающий контакт реле давления воздуха *РДВ*, провод *128*, последовательно соединенные замыкающие контакты контакторов *П1—П6* (*128—143*) подают питание через замыкающий контакт реле *РУ2* на катушку контактора *КВ*, а через замыкающие контакты реле *РУ9* — на катушку контактора *ВВ*.

Цепь питания катушки *РУ2* следующая: автомат *УТ*, провода *1235*, *А87*, *А95*, размыкающие контакты *РУ12*, провода *А31*, *1346*, замыкающий контакт *РУ4* (а после 11-й позиции контакты *РДМ2*), провода *1347*, *1348*, контакты температурных реле воды и масла *ТРВ* и *ТРМ*, провода *123*, *124*, *115*, катушка реле *РУ2*. Контакты реле *РДМ2* замыкаются при достижении давления масла в верхнем коллекторе дизеля $110—120 \text{ кПа}$.

О включении контакторов возбуждения *КВ* и *ВВ* сигнализирует лампа *ЛН1* «Сброс нагрузки» на пульте управления машиной, которая на мгновение включается блокировочным контактом реверсора *ПР* (*107*, *313*, *1050*, *1053*) и гаснет при размыкании контакта контактора *ВВ* (*312*, *1053*). Контактор *КВ* включается и замыкает силовыми контактами цепь возбуждения тягового генератора. Замыкающий контакт *КВ* в цепи собственной катушки между проводами *142* и *112* шунтирует размыкающий контакт *РУ8*. Такая взаимосвязь блокировочных контактов позволяет включиться контакторам *КВ* и *ВВ* только на 1-й позиции контроллера и предотвращает включение нагрузки при более высоких позициях кон-

роллера. При срабатывании контактора *ВВ* размыкается его блокировочный контакт в цепи питания катушки вентиля *ВП6* между проводами *226* и *231*, вентиль отключается и левый ряд топливных насосов вступает в работу.

Силовые контакты *ВВ* через аварийный переключатель *АР* обеспечивают питание размагничивающей обмотки *НЗ—Н4* (466, 467) возбuditеля *В* и обмотки возбуждения *И1*, *И2* (438, 437) синхронного подвозбудителя *СПВ*.

От *СПВ* (*С1*, *С2*) через *АР* получает питание бесконтактный тахометрический блок *БТ* и распределительный трансформатор *Тр*, а от него — трансформаторы постоянного тока *ТПТ1—ТПТ4*, постоянного напряжения *ТПН* и индуктивный датчик *ИД*, а также амплистат возбуждения *АВ*. От амплистата через выпрямительный мост *ПВК1* получит питание намагничивающая обмотка *Н1—Н2* (468, 469) возбuditеля *В*. На зажимах возбuditеля *В* появляется напряжение, по обмотке возбуждения тягового генератора *Н1—Н2* (482, 486) начинает идти ток, и на его зажимах появляется напряжение. Тяговые электродвигатели получают питание и развивают вращающий момент, передающийся через редукторы колесным парам, — тепловоз трогается. Дальнейшее увеличение мощности достигается постепенным переводом рукоятки контроллера на 2-ю, 3-ю и до 15-й позиции. Каждой позиции контроллера соответствует определенная частота вращения вала дизеля, которая задается электрогидравлическим механизмом, действующим на регулятор частоты вращения дизеля. Электромагниты срабатывают в соответствии с разверткой контроллера. Электромагнит *МР1* включается на 2, 3, 6, 7, 10, 11, 14 и 15-й позициях контроллера. Цепь его катушки: плюсовой зажим *11/2*, провод *346*, автомат *А13* «Управление», провода *332*, *1232*, блокировка *БУ*, контакты *КМ*, провода *280*, *281*, *282*, *217*, катушка электромагнита *МР1* и далее на минус по проводам *214* и *254*.

Последовательность включения *МР2*, *МР3* и *МР4* легко проследить по схеме, пользуясь таблицей замыканий контакторов и реле. На 2-й позиции контроллера получает питание катушка реле *РУ8*: зажим *11/2*, провод *346*, автомат *А13* «Управление», провода *332*, *1232*, блокировка *БУ*, провода *1222*, *1242*, контакты *КМ* (третий сверху), провода *267*, *263*, *268*, катушка реле *РУ8* и далее на общий минус. Реле срабатывает, размыкаются его размыкающие контакты в цепи катушек контакторов *КВ* и *ВВ* между проводами *111* и *144*, но катушки не обесточиваются, так как цепь сохраняется через контакты *КВ*. Размыкающие контакты *РУ8* между проводами *343* и *348* в цепи пуска дизеля предназначены для предотвращения пуска на высоких позициях контроллера, например в случае, если во время прокачки масла будет случайно переведена рукоятка контроллера выше 1-й позиции.

Замыкающие контакты *РУ8* шунтируют часть резистора в цепи задающей обмотки *МУ* между проводами *417* и *419* и в цепи обмотки *НЗ—Н4* возбuditеля *В* между проводами *463* и *464*. Эта обмотка получает питание от тахометрического блока *БТ* по цепи:

плюс *БТ*, провода *1143*, *1042*, размыкающий контакт *РУ17*, провода *1344*, *424*, резистор *СОЗ*, провод *443*, обмотка *ОЗ*, провода *414*, *496*, шунт *115*, провод *740*, минус *БТ*. Цепь питания *ОЗ* от вспомогательного генератора будет разобрана ниже.

На 4-й позиции контроллера получает питание катушка реле *РУ10* по цепи контакты *КМ* (четвертые снизу), провода *290*, *291*, *298*, катушка *РУ10* и далее на минус цепи управления. Реле срабатывает и одной парой контактов шунтирует часть резистора «Плавного пуска» в цепи размагничивающей обмотки возбудителя *В* (между проводами *463* и *464*). Другая пара замыкающих контактов *РУ10* между проводами *417* и *420* шунтирует также часть резистора в цепи задающей обмотки *МУ*. Третья пара замыкающих контактов *РУ10* подключает в работу регулировочную обмотку *ОР* амплитаста возбуждения *АВ* (между проводами *412* и *415*), предназначенную для корректировки внешней характеристики тягового генератора в рабочей зоне. Последовательно с обмоткой *ОР* включен индуктивный датчик *ИД*, внутри катушки которого перемещается сердечник, связанный со штоком серводвигателя объединенного регулятора. Вследствие перемещения сердечника происходит изменение индуктивного сопротивления и, следовательно, тока в обмотке *ОР*.

Параллельно обмотке *ОР* подключен резистор *СОР*, обеспечивающий минимальный ток при полностью вдвинутом сердечнике. Цепь *ИД* вывод 3 трансформатора *Тр*, провода *433*, *414*, катушка *ИД*, провода *407*, *1090*, *1089*, мост *ПВК2*, провод *1087*, резистор *СОР*, а далее ток разветвляется по двум цепям: первая — провод *1088*, мост *ПВК2*, провод *1086*, вывод 2 *ТР*; вторая — резистор *СОР*, провода *411*, *412*, размыкающий контакт *РУ10*, провода *415*, *521*, обмотка *ОР*, провод *465*, шунт *115*, провода *413*, *1088* и далее к выводу 2 трансформатора *ТР*.

Для предотвращения броска мощности дизель-генераторной установки на 4-й позиции ток генератора ограничен 3000 А, при этом сердечник *ИД* должен находиться полностью во вдвинутом состоянии; движение сердечника должно начаться на 5-й позиции контроллера.

При снятии нагрузки с генератора и отключении контакторов *ВВ* и *КВ* контакторы *П1—П6* остаются включенными еще в течение 1,3—1,5 с, так как контакты реле *РВЗ* имеют выдержку времени на размыкание. К моменту отключения *П1—П6* магнитный поток тягового генератора уменьшится, вследствие чего переходные процессы в цепи генератор — электродвигатели облегчатся, подгар контактов *П1—П6* также уменьшится.

В схеме предусмотрена кнопка маневровой работы *КМР*, которая даст возможность выполнять маневровую работу и подъезд к составу без набора позиции контроллера. При включении тумблера *УТ* и нажатии кнопки *КМР* на нулевой позиции контроллера шунтируются контакты 1 и 3 контроллера (*1252*, *1253*) и по проводам *1252*, *1289* подается питание на катушку реле *РУ4* и собирается схема для работы тепловоза в режиме тяги.

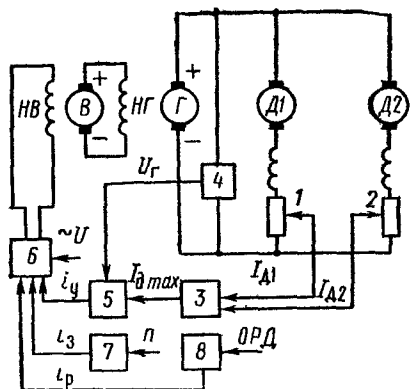


Рис 154 Функциональная схема устройства, обеспечивающего динамические жесткие характеристики генератора

сигнала 3. Сигнал, пропорциональный наибольшему из токов электродвигателей, подается в селективный узел 5, в который поступает также сигнал от трансформатора постоянного напряжения 4. Сформированный сигнал в селективном узле i_y поступает в обмотку управления амплистата 6. На вход амплистата, как и во всех схемах тепловоза 2ТЭ10В, поступают ток задания i_a от бесконтактного тахометрического устройства 7 и ток i_p от индуктивного датчика 8, связанного с объединенным регулятором частоты вращения дизеля (ОРД).

От магнитного усилителя 6 обеспечивается питание обмотки возбуждения возбuditеля НВ.

При боксовании одной из колесных пар ток электродвигателя, связанного с ней, уменьшается, а ток двигателя небоксующей колесной пары остается прежним. Следовательно, на выходе узла 3 сигнал тоже не уменьшается и напряжение генератора не возрастает, т. е. генератор работает по жесткой характеристике. Узел выделения максимума состоит из четырех последовательно соединенных выпрямительных мостов В1—В3 и В6 (см. рис. 152), на которые включены обмотки переменного тока трансформаторов ТПТ1—ТПТ4. Со стороны постоянного тока мосты В1—В3 и В6 включаются на балластный резистор СБТТ, который вместе с диодом В5 выполняет роль селективного узла СУ по току. Со стороны сигнала по напряжению СУ включает мост В4, резистор СБТН, диод В7 и контакты реле управления РУ15.

Селективный узел реагирует на увеличение или уменьшение тока на данной позиции во всех ТПТ. Если происходит боксование одной или нескольких колесных пар, то ток в управляющей обмотке МУ уменьшаться не будет, так как ток других ТПТ остался прежним. Следовательно, генератор будет работать по жесткой динамической характеристике.

Комплексное противобоксовое устройство. Электрическая схема тепловоза предусматривает работу тягового генератора при отсутствии боксования по внешней характеристике, а при возникновении боксования — по характеристикам с малоизменяющимся напряжением, именуемым жесткими динамическими характеристиками по напряжению. Функциональная схема устройства, обеспечивающего динамические жесткие характеристики генератора, приведена на рис. 154. Трансформаторы постоянного тока 1 и 2 измеряют токи тяговых электродвигателей, и эти сигналы поступают в узел выделения максимума 3.

Трансформатор *ТПТ2* измеряет токи 2-го и 3-го электродвигателей, одинаково склонных к боксованию при движении вперед, а трансформатор *ТПТ3* — 4-го и 5-го двигателей, одинаково склонных к боксованию при движении назад. Распределение трансформаторов *ТПТ* по электродвигателям и применение блока диодов сравнения *БДС* дают возможность обнаружить до пяти электродвигателей боксующих колесных пар.

Каждый электродвигатель через замыкающий блокировочный контакт контакторов *П1—П6* соединен с блоком выпрямителей *БДС*, который сравнивает поступающие сигналы и выделяет сигнал $I_{д\max} - I_{д\min}$, пропорциональный скорости боксования. Сигналы токов тяговых двигателей снимаются с обмоток главных и добавочных полюсов двигателей.

Предположим, буксует 1-я колесная пара, а по 6-му электродвигателю проходит наибольший ток. В этом случае потенциал точки *a* будет больше потенциала точки *b* и сигнал будет проходить по цепи, указанной стрелками на рис. 152. Диоды остальных небоксующих тяговых электродвигателей будут заперты большим падением напряжения на обмотках добавочных и главных полюсов двигателей. При определенной разности потенциалов ток становится достаточным для срабатывания реле боксования.

Для снижения чувствительности реле боксования при полном возбуждении электродвигателей в цепь катушек *РБ1* и *РБ2* включены резисторы *СРБ1—СРБ3*. Чтобы повысить чувствительность реле при ослабленном возбуждении, замыкающие контакты *РУ16* (1121, 1120) шунтируют резисторы *СРБ2*, *СРБ3*. Срабатывание реле *РП1* приводит к включению контактора ослабления возбуждения *ВШ1* и реле *РУ16*. При боксовании сначала срабатывает реле *РБ1*; замыкающий контакт *РБ1* (1037, 1048) обеспечивает питание катушки реле *РУ17*, размыкающий контакт которого вводит часть резистора *ССН* в цепь задающей обмотки амплитастата. Это приводит к уменьшению мощности генератора на 50—55%.

Замыкающий контакт *РУ17* (1039) создает цепь катушки реле *РВ4* (1333, 1046). Размыкающий контакт *РВ4* (с выдержкой времени при замыкании) обесточивает катушки контакторов *ВШ1* и *ВШ2*, тем самым предотвращает включение их при боксовании колесных пар. Другой замыкающий контакт *РУ17* (1331) создает цепь питания тяговому магниту *МР5*, устанавливающему *ИД* на минимальный упор, снижая этим мощность генератора на 10—15%. Если достигнутое в результате срабатывания *РБ1* снижение мощности генератора недостаточно и боксование не прекращается, то срабатывает реле *РБ2*. Замыкающий контакт *РБ2* (1040, 1044) обеспечивает питание катушкам реле *РУ5* и *РВ5*. Замыкающие контакты *РУ5* (1048, 1049, 1051, 1052) включают *РУ17*, звуковой сигнал боксования (зуммер) *СБ* и сигнальную лампу «Сброс нагрузки». Замыкающий контакт с выдержкой времени при размыкании *РВ5* (1171, 1174) шунтирует часть резистора *СОУ*, что приводит к увеличению тока в управляющей обмотке, а следовательно, к уменьшению мощности генератора до 20% номинальной,

После прекращения боксования и отключения реле восстановление мощности генератора производится ступенчато. При отключении реле *РУ17* увеличивается ток в задающей обмотке амплистата (шунтируется резистор *СШ*) и мощность генератора увеличивается. Для формирования наклонных внешних характеристик тягового генератора на первых семи позициях контроллера используют реле *РУ15*. Размыкающий контакт *РУ15* (1098, 1047) до 7-й позиции контроллера шунтирует диод *В7* селективного узла. За счет этого сигнал обратной связи по току генератора (от *ТПТ*) в управляющей обмотке *ОУ* амплистата уменьшается, так как часть тока, помимо *ОУ* и резистора *СБТТ*, проходит через резистор *СБТН*.

Катушки клапанов песочниц (*КЛП1*, *КЛП2*). Катушки получают питание при нажатии кнопки *КН* по цепи: зажим 16/5, провода 303, 1287, контакт кнопки *КН*, провода 1288, 305, 306, 1345, 307 и далее в зависимости от положения реверсора *ПР* либо по проводу 1189 на катушку клапана песочницы *КЛП1* при езде «вперед», либо по проводу 1192 на катушку клапана песочницы *КЛП2* при езде «назад» и на минус цепи управления.

Цепь возбуждения тягового генератора. Обмотка независимого возбуждения тягового генератора *Г* получает питание от возбудителя *В* при включении контактора возбуждения генератора *КВ* по цепи: плюс возбудителя (вывод *Я1*), провод 923, шунт амперметра 117, провод 483, силовые контакты *КВ*, провод 486, обмотка возбуждения генератора *Н2—Н1*, провод 482, минус *В* (вывод *Я2*).

Параллельно силовым контактам *КВ* подключен резистор *СВГ*, сопротивление которого является разрядным для обмотки возбуждения генератора в момент отключения контактора. Обмотка обладает большой индуктивностью, и при отсутствии разрядного сопротивления могла бы создаться значительная э. д. с. самоиндукции, что привело бы к пробое изоляции.

Цепи реле переходов. Токовые катушки реле *РП1* и *РП2* (соединены между собой параллельно) подключены параллельно обмотке добавочных полюсов тягового генератора и шунта 104, а катушки напряжения — параллельно якорю тягового генератора. Вследствие разности потенциалов между шунтом 104 и минусом генератора (вывод *Я2*) по токовым катушкам проходит ток. Ток тяговых электродвигателей от зажима шунта 104 по проводам 499, 515, 530 ответвляется в токовые катушки реле *РП1* и *РП2*, далее по проводам 525, 526, резисторам *СРПТ1—СРПТ2*, проводу 502 подходит к минусу генератора.

В параллельную катушку реле *РП1* ток поступает по цепи: плюс генератора, провода 531, 537, 508, 501, 518, размыкающий контакт контактора *ВШ1*, провод 519, резистор *СРПН1*, провод 523, катушка напряжения реле *РП1*, провода 527, 528, 530, 515, 499, шунт 104, провода 598—603, обмотка добавочных полюсов, *ДП*, минус генератора *Г*. После срабатывания *РП1* создается цепь питания катушки *РП2* через замыкающий контакт *ВШ1*, который соединяет провода 501 и 510. После срабатывания *РП1* и *РП2* и

контакторов *ВШ1* и *ВШ2* прерывается цепь между проводами *519*, *520* и *510*, *513* и последовательно с катушками напряжения *РП1* и *РП2* включаются части добавочных резисторов *СРПН1* и *СРПН2*, подготавливая реле для отключения при снижении скорости тепловоза. Для предотвращения повторных включений реле перехода (так называемой «звонковой» работы) замыкающие контакты реле *РУ4* шунтируют части резисторов *СРПН1* и *СРПН2* на отключение реле (*408*, *409*, *511*, *666*) с 1-й по 11-ю позицию контроллера.

В цепи контакторов *ВШ1* и *ВШ2* имеется тумблер «Управление переходами» *УП*, при помощи которого можно перейти на полное возбуждение; если отключение контакторов *ВШ1* и *ВШ2* запаздывает.

Чтобы уменьшить подгорание контактов контакторов *ВШ1* и *ВШ2*, при переходных процессах в цепи тяговых электродвигателей в схему введены контакты *ВШ1* и *ВШ2*, исключающие снятие нагрузки генератора на нулевой позиции контроллера при включенных контакторах *ВШ1* и *ВШ2*.

От замкнутого на нулевой позиции контакта контроллера через замыкающие контакты реле *РУ18* (*1186*, *1187*) и контакторов *ВШ1* и *ВШ2* (*1067*, *1968*) напряжение подается в цепь питания катушек контакторов *ВВ* и *КВ*.

Цепь вольтметра и амперметра тягового генератора. Для измерения напряжения и тока тягового генератора в кабине машиниста на пульте управления установлены вольтметр с пределом измерения до *1000 В* и амперметр до *6000 А*, класс точности *1,5*. Цепь вольтметра плюс *Г*, провода *536*, *507*, добавочный резистор *102*, провод *506*, вольтметр *VI*, провода *503*, *598—603*, минус *Г*. Амперметр подключен к шунту *104*.

Защита дизеля от понижения давления масла. Если при пуске или работе дизеля давление масла в конце верхнего коллектора дизеля будет ниже *50—60 кПа*, то контакт реле *РДМ1* (*239*, *227*) не замкнется или прервет цепь питания *РУ9* и тягового электромагнита *ЭТ* объединенного регулятора, и дизель остановится. В случае понижения давления масла в верхнем коллекторе масляной системы дизеля до *110 кПа* при *12—15-й* позициях контроллера размыкаются контакты реле *РДМ2* (*117*, *120*), реле *РУ2* отключается и разрывает цепь катушек контакторов *КВ* и *ВВ*. Оба контактора отключаются, нагрузка с дизель-генератора снимается. При этом замыкается размыкающий контакт *ВВ* (*312*, *1053*) и загорается сигнальная лампа «Сброс нагрузки».

Защита дизеля от перегрева масла и воды. При температуре воды *92°С* или масла *85°С* на выходе из дизеля контакты реле *ТРВ* или *ТРМ*, находящиеся между проводами *121* и *123*, разрывают цепь питания катушки *РУ2*, что приводит к отключению контакторов *КВ* и *ВВ* и загоранию сигнальной лампы «Сброс нагрузки».

Контроль давления воздуха в тормозной магистрали. В случае снижения давления воздуха в тормозной магистрали ниже

300 кПа (обрыв тормозной магистрали поезда, экстренное торможение) сработает реле давления воздуха *РДВ*. При этом произойдет разрыв цепи катушек *КВ* и *ВВ* между проводами *112* и *128* и снимется нагрузка с генератора; загорится также сигнальная лампа «Сброс нагрузки».

Реле *РДВ* предотвращает также трогание тепловоза при давлении воздуха в тормозной магистрали менее 480 кПа.

На тепловозе осуществляется контроль целостности воздухопровода тормозной магистрали. При обрыве тормозной магистрали поезда при срыве стоп-крана происходит включение пневмоэлектрического датчика *ДДР*. Замыкающий контакт *ДДР* (*1157, 1167*) через замыкающий контакт пневмоэлектрического датчика *ДТЦ* подводит питание к катушке реле *РУ12*. Размыкающие контакты *РУ12* (*А30, А31*) разрывают цепь питания *РУ12* и тем самым снимают возбуждение и нагрузку с тягового генератора. Замыкающий контакт *РУ12* (*1156, 1183*) включает лампу *ЛРТ* «Обрыв тормозной магистрали» и ставит катушку *РУ12* на самоподпитку через разделительный диод (*1159, 1349*) и замкнутый контакт *ДТЦ*.

Пробой изоляции или переброс на корпус. При пробое в силовой цепи срабатывает реле заземления *РЗ*. При этом его замыкающие контакты разрывают цепь катушек контакторов *КВ* и *ВВ* между проводами *110* и *142* (*111*), нагрузка с тягового генератора снимается. Загорается сигнальная лампа *ЛРЗ* «Реле заземления» в цепи: провод *207*, замыкающий контакт *РЗ* (*206, 1043*), провода *206, 211, 205*, лампа *ЛРЗ*, провода *197, 199, 1306, 198, 196* и далее на общий минус.

Контроль давления масляных паров в картере дизеля. Чтобы предупредить о возникновении давления газов в картере дизеля, которое обычно вызывается пробоем газов из цилиндров и может вызвать взрыв паров масла, пожар и выход из строя дизеля, установлен дифференциальный манометр (*КДМ*). При появлении давления в картере до 0,07 кПа (7 мм вод. ст.) контакты дифманометра *КДМ* замыкаются и питание от зажима *6/17* (см. цепь *КТН*) по проводу *1245*, через контакт *КДМ* (*К14, К16*) подается на сигнальную лампу *ЛДК* «Давление в картере». При дальнейшем увеличении давления в картере замыкается контакт *КДМ* (*К14, К15*) и получает питание катушка *РУ7*. Замыкающий контакт *РУ7* (*993, 915*) ставит реле на самопитание от автомата «Управление дизелем». Размыкающие контакты *РУ7* (*343*) разрывают цепь питания катушки *КТН*, электродвигателя топливного насоса *ТН*, реле *РУ9* (*207, 239* и т. д.) и тягового электромагнита *ЭТ*, что приводит к снятию возбуждения генератора, прекращению подачи топлива и остановке дизеля.

Аварийная кнопка *АК*. При возникновении аварийной ситуации используется «Аварийная кнопка» *АК*. Нажатием кнопки *АК* (*1261, 1262*) шунтируется замыкающий контакт *РУ7*, и катушка реле *РУ7* получает питание, что приводит к остановке дизеля.

Работа схемы при аварийном возбуждении. При повреждении аппаратов цепи подвозбуждения предусмотрено аварийное

возбуждение *В* от *ВГ*. В этом случае переключатель *АР* ставят в аварийное положение (на схеме изображено нормальное положение *АР*) и разрывается цепь питания первичной обмотки распределительного трансформатора *ТР*, т. е. обесточиваются цепи амплистата возбуждения *АВ* и трансформаторов *ТПТ* и *ТПН*. Изменяется направление тока в размагничивающей обмотке возбуждителя, и она становится намагничивающей (полярность на схеме взята в скобки).

Цепь питания обмотки *НЗ—Н4* следующая: плюс *ВГ* подается по проводу *404*, далее контакты *ВВ*, провод *405*, переключатель *АР*, провод *1135*, часть резистора *СВВ*, провод *668*, резистор *СВВ*, провод *466*, обмотка *НЗ—Н4*, провода *467*, шунт *115*, провод *460*, *АР*, провод *434*, минус *ВГ*. В случае аварийного режима возбуждение тягового генератора регулируется вручную. При больших токах возможна перегрузка дизеля. На 15-й позиции перегрузка дизеля начинает наступать при токе тягового генератора примерно 4200 А. При трогании состава нельзя превышать ток 6000 А, так как узел ограничения тока отключен.

Работа при отключении тягового электродвигателя. При повреждении одного из тяговых электродвигателей работа тепловоза продолжается на оставшихся пяти двигателях. Поврежденный двигатель отключается при помощи соответствующего отключателя электродвигателей (*ОМ*). При этом происходит уменьшение мощности тягового генератора путем увеличения сопротивления резистора *СОЗ* в цепи задающей обмотки амплистата *ОЗ*.

Пожарная сигнализация. Световая и звуковая сигнализация состоит из термодатчиков *1—2* типа *ДТ-1*, сигнальной коробки *КС*, потенциометров *Р1* и *Р2*, тумблеров *ТП1—11* и лампы «Пожар», установленной на пульте машиниста. В качестве звукового сигнала используют зуммер *СБ*. В коробке *КС* размещены два реле *Р1* и *Р2*, кнопки проверки *К1* и *К2* (нажатие кнопки имитирует срабатывание термодатчика) и предохранитель *Пр* (рис. 155). Цепи пожарной сигнализации питаются через автомат *А7* «Пожарная сигнализация». Так как срабатывание датчика нелинейно зависит от температуры и напряжения питания, то они разбиты на две цепи. Первая цепь питается напряжением 28 В, вторая — 40 В. Первая цепь состоит из трех датчиков, расположенных в высоковольтных камерах и четырех — под крышей дизельного помещения. Вторая цепь включает 14 датчиков, расположенных в дизельном помещении.

Если возник пожар или возросла температура до $105 \pm 10^\circ \text{C}$, то сопротивление датчика, попавшего в эту зону, уменьшается, а ток реле возрастает и оно срабатывает. Предположим, что пожар возник в левой высоковольтной камере. Тогда сопротивление датчика *21* уменьшается, напряжение 28 В, снимаемое с потенциометра *Р2* (*П143*), подводится к катушке реле *Р2*. Замыкающий контакт *Р2* (*П100*, *П101*), шунтируя кнопку *К2*, ставит реле на самоподпитку. Другие контакты реле включают лампу *ЛП* и зуммер *СБ* на обеих секциях.

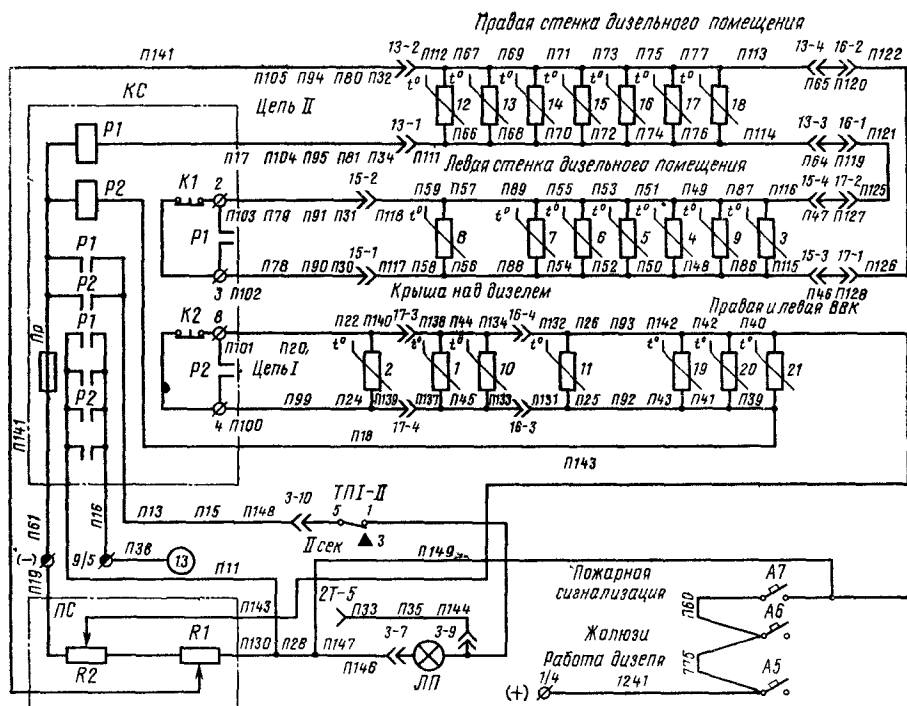


Рис. 155. Схема автоматической пожарной сигнализации

Вызов помощника машиниста. Для вызова помощника машиниста, находящегося в дизельном помещении, на пульте управления установлена кнопка ВПМ «Вызов помощника».

При нажатии кнопки вентиль ВП10 открывает доступ сжатого воздуха к тифону. Цепь питания вентилей: кнопки КПП, ВПМ, провода 1299, 1300, 1301, 1302, катушка вентилей ВП10 и далее к вентилю ВП5.

Защита обслуживающего персонала от высокого напряжения. При нарушении правил электротехнической безопасности или случайном открытии дверей высоковольтных камер без снятия напряжения тягового генератора конечных выключателей двери БД1—БД4 размыкаются и разрывают цепь питания катушек контакторов КВ и ВВ. Нагрузка с дизеля снимается и загорается лампа «Сброс нагрузки».

Защита контактов реле и сигнальных ламп от перенапряжения. При отключении катушек контакторов или электропневматических вентилей в цепях управления возникают перенапряжения (до 900 В) за счет э. д. с. самоиндукции в катушках. Перенапряжения вызывают выход из строя сигнальных ламп и контактов реле. Для избежания этого в схему включена защитная цепочка, состоящая из диодов Д13—Д16 и резисторов R17, R18.

Проворот вала дизеля. После остановки дизеля его коленчатый вал проворачивают при выключенном тумблере «Топливный насос» на пульте управления (контактор *КТН* отключен), т. е. без подачи топлива в цилиндр. При нажатии кнопки «Пуск дизеля» катушки контакторов *Д1*, *Д2*, *Д3* получают питание по цепи: плюсовой зажим *11/2*, автомат «Управление», блокировка *БУ*, контакт реверсивного механизма контроллера («Вперед» или «Назад»), контакт *КМ* (4-й нижний), размыкающий контакт *РУ16*, кнопка *ПД1*, размыкающие контакты *РУ9*, *КТН*, *КВ*, *105*, катушки контакторов *Д1*, *Д2*, *Д3*. Силовые контакты пусковых контакторов подключают тяговый генератор к аккумуляторной батарее, который обеспечивает проворот вала дизеля.

Указатель повреждений У1. Для облегчения отыскания неисправностей в цепях управления пуска дизеля и возбуждения тягового генератора служит указатель повреждений. Указатель *У1* состоит из резисторов *Р1—Р16* блока *БР*, переключателя *Т23* и собственно указателя *У1*, представляющего собой вольтметр *М-4200* со специальной шкалой. Шкала указателя разбита на две части, на каждой из которых нанесены контрольные точки цепей пуска и возбуждения. К этим контрольным точкам подсоединены резисторы блока *БР*. Сопротивления резисторов подобраны таким образом, что каждой контрольной точке соответствует определенный ток, протекающий через указатель *У1*, вследствие чего стрелка прибора *У1* занимает определенное положение. При пуске дизеля прибор *У1* питается от зажима *1/1—4* или *11/2* через *Р1—Р8*, размыкающий контакт реле *Р49*, а его стрелка указывает на контрольные точки шкалы «Пуск». После окончания пуска прибор *У1* питается от зажима *11/2* через *Р9—Р16* (контакты *РУ9* разомкнуты), а его стрелка указывает на контрольные точки шкалы «Возбуждение».

Если в цепи имеется неисправность, то стрелка установится у контрольной точки, через которую не проходит ток. Для отыскания повреждения необходимо проверить цепь до контрольной точки. При исправной цепи стрелка полностью отклоняется. Если контроль осуществляется с ведущей секции, то на ведомой секции переключатель *Т23* должен находиться в нейтральном положении, и наоборот.

Работа тепловоза двумя секциями. При таком режиме работы тепловоза ведомая секция управляется с пульта ведущей (головной) секции. Для этого в схеме предусмотрены провода, подведенные к розеткам межтепловозного соединения. При пуске дизеля *II* секции включается тумблер «Топливный насос *II* секции» и контактор *КТН* ведомой секции получает питание с ведущей секции по цепи: плюсовой зажим *1/4*, автомат «Работа дизеля», переключатель *ПКР*, тумблер «Топливный насос *II* секции», провод *26*, межтепловозное соединение, провод *25* ведомой секции, размыкающие контакты *РУ18*, *РУ7*, катушка контактора *КТН*. После нажатия кнопки «Пуск дизеля *II* секции» получают питание контакторы *Д1—Д3* по цепи: плюсовой зажим *11/2*, автомат «Управление

ние», контакты *БУ*, контакт реверсивного механизма контроллера «Вперед» или «Назад», 4-й контакт *КМ*, размыкающий контакт реле *РУ16*, кнопка «Пуск дизеля II секции», провод *24*, межтепловозное соединение, провод *23* ведомой секции и далее по цепям, описанным ранее для ведущей секции.

Частоту вращения вала дизеля изменяют переключением электромагнитов *МР1—МР4*, которые получают питание от контактов *КМ* ведущей секции через выводы *15, 16, 17, 19*, межтепловозное соединение, выводы *15, 16, 17, 19* ведомой секции. Цепи включения реле, контакторов, защиты и сигнализации получают питание через межтепловозные соединения (см. рис. 112).

Управление холодильником (см. рис. 153). На тепловозе имеется автоматическое устройство для раздельного регулирования температуры охлаждающей воды и масла. Для автоматического регулирования температуры необходимо включить выключатель *Аб «Жалюзи»* и тумблер *ТХ «Автоматическое управление»*. В этом случае подводится напряжение от вспомогательного генератора к выключателям *ВКМ* и *ВКВ* по цепи: плюс *ВГ* (зажим *1/4—4*), провод *775*, выключатель «Жалюзи», провода *776, 610, 611*, реверсивный механизм *КМ*, провод *612*, тумблер *ТХ*, провода *694, 772, 774, 709, 641*, концевые выключатели *ВКВ* и *ВКМ*.

Термодатчик температуры воды *ТРВ* связан с золотником серводвигателя привода вентилятора, который в свою очередь соединен с концевым выключателем *ВКВ*, замыкающим свои контакты при температуре воды 75°C . После замыкания выключателя *ВКВ* создается цепь питания вентиля *ВП3* и *ВП4* по проводам *639, 633, 642*, далее через диод *Д2* получает питание вентиль *ВП3*, а через диод *Д3* — вентиль *ВП4*, управляющие соответственно верхними жалюзи и жалюзи охлаждения воды. Для регулирования температуры масла установлен датчик *ТРМ*, имеющий также концевой выключатель *ВКМ*. При повышении температуры масла до 75°C замыкаются контакты *ВКМ* и создают цепь катушкам вентиля *ВП4* и *ВП5* (жалюзи масла). Частота вращения вентилятора изменяется автоматически.

Машинист может включить вентилятор на полную частоту вращения, включив выключатель «Вентилятор холодильника». При этом катушка вентиля *ВП2* получает питание по цепи: провод *612*, выключатель «Вентилятор холодильника», провода *620, 621, 622, 625*, катушка *ВП2*, провода *780, 671, 681, 782, 779*, минус *ВГ*. Автоматическое регулирование температуры воды и масла происходит раздельно на каждой секции.

Если неисправно автоматическое регулирование температуры воды и масла, то холодильником управляют вручную, дистанционно, создавая цепи питания электропневматическим вентилям соответствующим выключателем. Например, цепь электропневматического вентиля жалюзи воды: провод *612*, тумблер *ТХ «Ручное управление»*, выключатель «Жалюзи воды и верхние», провода *675, 627, 632, 636*, катушка *ВП3*, провода *671, 681, 782, 779*, минусовый зажим *3/1—8*.

Регулирование температуры воды и масла в этом случае ведущей и ведомой секций происходит из кабины ведущей секции по проводам 27, 28, 29, 30, 34 межтепловозного соединения. Тепловоз также оборудован автоматической четырехзначной локомотивной сигнализацией и радиостанцией.

34. СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ТЕПЛОВОЗА ТЭМ2

Тепловоз ТЭМ2 приводится в движение шестью тяговыми электродвигателями, которые имеют постоянное соединение: две параллельные группы по три двигателя последовательно в каждой. Для использования полной мощности дизеля в широком диапазоне скоростей схемой предусмотрены две ступени ослабления возбуждения 48 и 25 %. Переключение с полного возбуждения на ослабленное и обратно происходит автоматически при помощи двух реле переходов РП1 и РП2. Управление тепловозом осуществляется контроллером машиниста, имеющим восемь положений.

Пуск дизеля и работа его без нагрузки (рис. 156, см. вкладку в книге и рис. 157). Для пуска дизеля необходимо: включить разъемник РБ аккумуляторной батареи БА; включить универсальный блокировочный ключ КБ; убедиться, что рукоятка контроллера находится на нулевой позиции; включить тумблер «Питание приборов»; включить автоматы «Топливный насос», «Управление общее», «Масляный насос»; дать предупредительный сигнал о пуске дизеля. Пуск дизеля осуществляется включением тумблера В27 «Пуск — остановка дизеля», что обеспечивает цепь питания катушки контактора топливного насоса КТН: провода 246, 244, выключатель В27, провода 337, 359, 691; контакты переключателя режимов ПЧТ, провода 692, 581, катушка КТН, общий минус. Для сохранения цепи питания катушек РУ12, РУ4 и БМ на рабочих позициях контроллера машиниста замыкающие контакты КТН между проводами 810, 805 шунтируют контакты КМ, замкнутые только на нулевом положении КМ.

После срабатывания реле создается цепь питания электродвигателя топливного насоса ТН: провод 135, замыкающие контакты КТН, провода 154, 808, кнопка КУ1, провода 809, 519, 527, электродвигатель ТН, провода 562, 273, минус Б. Цепь питания обмотки возбуждения ВГ: провод 135, замыкающие контакты КТН, провод 136, замыкающие контакты РУ17, провод 104.

Цепь питания катушки реле времени РВ2: провод 135, замыкающие контакты КТН, провода 154, 808, 328, тумблер В28, провода 287, 148, размыкающие контакты РУ4, провод 248, размыкающий контакт контактора Ш4, провода 242, 214, катушка РВ2, минус БА.

После срабатывания РВ2 создается цепь питания катушки реле времени РВ3: провод 883, замыкающие контакты РВ2 (с выдержкой времени на размыкание), провод 884, размыкающие контакты РУ2, провода 885, 453, размыкающие контакты контакторов

CK-4			CK-5			CK-6		
993	1	921	120	1	132, 521	283	1	284
357	2	327	120, 335	2	373, 121	135	2	144
140, 150	3	151 810	876	3	877	721	3	289
353	4	333	930	4	928	202	4	230, 423
152	5	153	294	5	297	346	5	396 942
162	6	900	991	6	934	578	6	391
287	7	148	288, 285	7	286	7	7	348
403	8	393	438	8	292	8	143	141
1003	9	141	280, 366	9	281, 1045	804	9	805
154	10	808	450	10	457	247	10	250
11			999	11	998	929	11	1001
989	12	476	989	12	1004	361	12	622
441	13	419	879	13	880	376	13	623
970	14	468, 426	345	14	349, 347	932	14	1002
205	15	207	220	15	206, 448	380	15	624
218	16	279	16			16		

Diagram of the MBF-25/11 antenna system. The diagram shows a circular layout with various components labeled with Cyrillic letters and numbers. The central part is labeled MBF-25/11. The outer ring is divided into sectors, each containing a component labeled with a letter and a number (e.g., R2, R1, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18, R19, R20, R21, R22, R23, R24, R25, R26, R27, R28, R29, R30, R31, R32, R33, R34, R35, R36, R37, R38, R39, R40, R41, R42, R43, R44, R45, R46, R47, R48, R49, R50, R51, R52, R53, R54, R55, R56, R57, R58, R59, R60, R61, R62, R63, R64, R65, R66, R67, R68, R69, R70, R71, R72, R73, R74, R75, R76, R77, R78, R79, R80, R81, R82, R83, R84, R85, R86, R87, R88, R89, R90, R91, R92, R93, R94, R95, R96, R97, R98, R99, R100). The diagram also shows a central hub with a star-like pattern and a circular ring with a star-like pattern. The diagram is labeled with various Cyrillic letters and numbers, including R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18, R19, R20, R21, R22, R23, R24, R25, R26, R27, R28, R29, R30, R31, R32, R33, R34, R35, R36, R37, R38, R39, R40, R41, R42, R43, R44, R45, R46, R47, R48, R49, R50, R51, R52, R53, R54, R55, R56, R57, R58, R59, R60, R61, R62, R63, R64, R65, R66, R67, R68, R69, R70, R71, R72, R73, R74, R75, R76, R77, R78, R79, R80, R81, R82, R83, R84, R85, R86, R87, R88, R89, R90, R91, R92, R93, R94, R95, R96, R97, R98, R99, R100. The diagram is also labeled with various Cyrillic letters and numbers, including R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18, R19, R20, R21, R22, R23, R24, R25, R26, R27, R28, R29, R30, R31, R32, R33, R34, R35, R36, R37, R38, R39, R40, R41, R42, R43, R44, R45, R46, R47, R48, R49, R50, R51, R52, R53, R54, R55, R56, R57, R58, R59, R60, R61, R62, R63, R64, R65, R66, R67, R68, R69, R70, R71, R72, R73, R74, R75, R76, R77, R78, R79, R80, R81, R82, R83, R84, R85, R86, R87, R88, R89, R90, R91, R92, R93, R94, R95, R96, R97, R98, R99, R100.

I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX

DM

Позиции		I		II		0		I+II		Результ
№ сек	№ конт	-90°		-45°		0°		$+45^\circ$		$+90^\circ$
		л	п	л	п	л	п	л	п	
I	15 16			●						●
II	13 14				●			●		
III	11 12			●						●
IV	9 10					●				
V	7 8			●						●
VI	5 6				●			●		
VII	3 4									●
VIII	1 2			●						

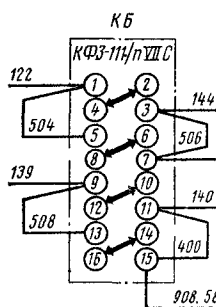
I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
II	1	2	4	5	6	5	7	8	9					33	14		
I	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
II			25	21				20	34	27	28	29	30	32	31	14	26

236

Соединительные зажимы

В высоковольтной камере

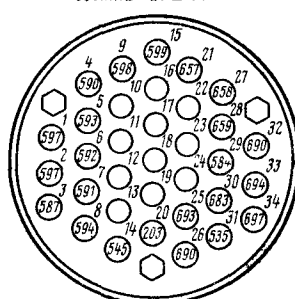
СК-1	СК-2	СК-3	СК-7	СК-8
479,410 1 472	809 1 519	801 1 661	229,231 1 679,599	01 1 990
471,564 2 404	464 2 222	802 2 666	232,234 2 680,657	02 2 945
475,270 3 470	591,142 3 422,586	119 3 120,731	236,238 3 681,658	03 3 952
895 4 339	458 4 459	119 4 120	240,264 4 638	04 4 931
871 5 803	480 5 905	478 5 975	730 5 241	05 5 953
488,440 6 473	164 6 219,592	701 6 700	133 6 145,293	06 6 986,987
808 7 670	593,171 7 173,1005	500 7 720	427 7 437	07 7 935,936
370 8 606	199 8 200,590	474 8 964	366 8 299	08 8 981,934
807 9 668	589 9 570	455 9 966	461,421 9 298	09 9 982,983
904 10 511	177 10 191,596	477 10 1006	698,610 10 334	010 10 989
274 11 245	486 11 487,713	870 11 871	928 11 929	011 11 984,985
275 12 355	225 12 227,598	230,224 12 180,687	939 12 941,940	049 12 950
286,363 13 377	490 13 566,712	259 13 462,567	943 13 944	026 13 927
439,286 14 295	873 14 874	273,466 14 678,462	937 14 938	022 14 933
397 15 398	311 15 312	127,317 15 269,402	946 15 947	026 15 988
612 16 187	575 16 125	597 16 597	1018 16 968	025 16 948



КБ

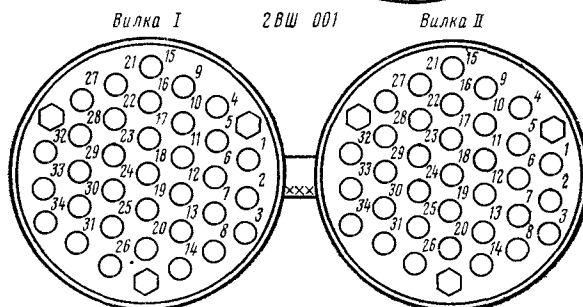
Пози- ции	0	Р
№№ ком.	0°	90°
1 3		●
2 4	●	
5 7		●
6 8	●	
9 11		●
10 12	●	
13 15		●
14 16	●	

РМС
(Розетка межтепловозного
соединения)
2СШ 001
Розетка 2РШ 001



СК-9

587 1 588
594 2 595
80,882 3 689
535 4 536
658 5 693
694,692 6 581
545 7 544
698 8 697
339 9 690,691
10
11
12
13
14
15
16



электрических аппаратов

Д1, КМН, РУ4, провод 886, резистор *СРВ3*, провод 449, катушка *РВ3*, минус *БА*.

Замыкающие контакты мгновенного действия реле *РВ3* замыкают цепь питания катушки контактора *КМН*: провод 304, размыкающий контакт *Д1*, провод 417, замыкающий контакт *РВ3*, провод 296, катушка *КМН*, минус *БА*. Размыкающие контакты *КМН* между проводами 451 и 882 вводят добавочное сопротивление в цепь катушки *РВ3* во избежание ее перегрева.

Силовые контакты контактора *КМН* обеспечивают питание электродвигателя маслопрокачивающего насоса *МН* по цепи: плюс *БА*, провода 120, 121, контакты выключателя *АВ2*, провода 456, 457, силовые контакты *КМН*, провода 458, 459, 565, электродвигатель *МН*, минус *БА*. Насос *МН* предварительно прокачивает масло в течение 30 с, после чего замыкающие контакты *РВ3* с выдержкой времени на замыкание между проводами 443 и 603 создадут цепь питания катушки реле *РУ5*.

Замыкающие контакты *РУ5* создают цепь: провод 885, замыкающие контакты *РУ5*, провод 149, размыкающие контакты *Д2*, провод 161, резистор *СРВ5*, провод 165, катушка реле времени *РВ5*, минус *БА*. Замыкающие контакты *РУ5* между проводами 454 и 425 обеспечат питание катушек пусковых контакторов *Д1* и *Д2*. Силовые контакты пусковых контакторов включаются, тяговый генератор получает питание от *БА*, работая в режиме электродвигателя и вращая коленчатый вал дизеля.

Катушка тягового магнита дизеля *БМ* получает питание, когда замкнется замыкающий блокировочный контакт контактора *Д1* по цепи: провода 583, 577, замыкающий контакт контактора *Д1*, провода 133, 145, 128, катушка *БМ*, провода 272, 269, минус *БА*.

Замыкающие контакты *РВ5* с выдержкой времени на замыкание между проводами 582 и 469 создадут цепь питания *РУ4*, которое сработает и его замыкающие контакты между проводами 583 и 580 обеспечат питание катушки (самоподпитка) независимо от состояния контакторов *РВ5*. Размыкающие контакты *РУ4* между проводами 148 и 248 прерывают цепь питания катушки *РВ2*. Размыкающие контакты *РВ2* между проводами 883 и 884 с выдержкой времени на размыкание 5 с отключают реле *РУ5*, *РВ3* и *РВ5*. После этого замыкающие контакты *РУ5* между проводами 454 и 425 прерывают цепь катушек контакторов *Д1* и *Д2*. Задержка отключения *Д1* и *Д2* на 5 с после включения *РДМ* повышает устойчивость пуска. Размыкающие блок-контакты контактора *КТН* включены в цепь катушек пусковых контакторов *Д1*, *Д2* для предотвращения включения этих контакторов при работающем на холостом ходу дизеле от случайного нажатия кнопки *КП* «Проворот вала дизеля».

Когда дизель начнет работать и в масляном трубопроводе давление масла достигнет 160—170 кПа, цепь катушки *БМ* будет замкнута через контакты реле *РУ4* и масляного давления *РДМ*. При этом контакторы *Д1* и *Д2* размыкаются и генератор отключается от аккумуляторной батареи. Если давление масла при ра-

боте дизеля по какой-либо причине упадет до 150 кПа, контакты реле *РДМ* разомкнутся, катушка магнита *БМ* обесточится и дизель остановится. Нормально дизель останавливают выключением автомата «Топливный насос».

В цепи топливного насоса (*ТН*) имеется автомат «Аварийное питание дизеля», который обеспечивает работу дизеля при выходе из строя вспомогательного топливного насоса. Для этого цепь *ТН* прерывается и трубопроводы пересоединяются таким образом, что забор топлива осуществляется основными топливными насосами дизеля. Если в течение 30 с после включения пусковых контактов дизель не пускается, то кнопку «Пуск дизеля» следует отпустить, выяснить причину и устранить ее, а затем повторить пуск.

Проворот коленчатого вала дизеля. После остановки дизеля обеспечивается питание пусковых контактов *Д1* и *Д2* без подачи топлива в цилиндры. Для этого предусмотрена кнопка *КП* «Проворот вала дизеля», нажатие которой на позиции контроллера «Холостой ход» создает цепь: провод 246, кнопка *КП*, провода 247, 250, размыкающие контакты *КТН*, провод 252, размыкающий контакт *КВ*, провод 251, катушки контактов *Д1* и *Д2*.

Подзаряд *БА* на кремниевых диодах. Начиная с тепловоза № 0720, устанавливают две панели типа ПВК-6011 с кремниевым выпрямителем типа ВК2-200, которые заменяют *РОТ* и *Б* и повышают надежность данного узла. Для предотвращения питания *Г* током *ВГ* при пуске дизеля, что вызывало бы перегорание предохранителя на 80 А, в схему введено *РУ17*, отключающее возбуждение *ВГ* до конца пуска. Катушка *РУ17* получает питание через размыкающие блокировочные контакты контактора *Д2*, т. е. только после окончания пуска дизеля и отключения пусковых контактов *Д1* и *Д2* включается *РУ17*.

При напряжении генератора *ВГ* выше напряжения *БА* ток плюсового зажима *Я* по проводу 114, предохранителю, проводу 109, диоду *ДЗБ* поступает на подзаряд батареи, а по проводу 2×119— для питания цепей управления. Когда напряжение *ВГ* становится меньше напряжения *БА*, диоды *ДЗБ* не пропускают ток в обратном направлении.

Увеличение частоты вращения вала дизеля. Затяжкой пружины регулятора частоты вращения определяют различные комбинации электромагнитных вентилях *ВТ1*, *ВТ2*, *ВТ3* и *ВТ4*. Последовательность включения вентилях на различных положениях рукоятки контроллера приведена в таблице замыкания контактов и реле (см. рис. 156). Для увеличения частоты вращения вала дизеля необходимо перевести реверсивную рукоятку в одно из рабочих положений «Вперед» или «Назад», убедиться в том, что переключатель «Управление машинами» включен, и повернуть штурвал контроллера машиниста из положения «Холостой ход» в третье рабочее положение. Пятый снизу палец контроллера соединит провода 163 и 229, и ток пойдет по проводу 231 в катушку вентиля *ВТ1* электропневматического механизма регулятора дизеля, устанавливая заданную частоту вращения.

Цепи возбуждения возбудителя и тягового генератора. Обмотка возбуждения возбудителя имеет двойное питание: независимое от *ВГ* и самовозбуждение от якоря возбудителя. Цепь независимого возбуждения возбудителя: плюс *ВГ*, провод *114*, предохранитель, провод *109*, диоды *ДЗБ*, провода *107*, *75*, контакты контактора *ВВ*, провод *76*, резистор плавного трогания тепловоза с места на панели *СВВ*, затем цепь разветвляется на две параллельные ветви. Первая ветвь: провода *79*, *134*, резистор реле перегрузки *РТ*, задний неподвижный и подвижный контакты *РТ*, катушка напряжения *РГ*, провод *424*, замыкающий контакт контактора *П2*, провод *85*, замыкающий контакт контактора *П1*. Вторая ветвь: резистор панели возбудителя *СВВ*, провод *86*. Далее токи обеих ветвей суммируются и по проводам *664*, *90* поступают в обмотку возбуждения возбудителя, затем возвращаются на минус *ВГ*.

Изменением сопротивления в цепи независимого возбуждения возбудителя обеспечиваются три ступени плавного трогания тепловоза при минимальной частоте вращения вала дизеля (300 об/мин). Эти ступени плавного пуска панели *СВВ* закорачиваются замыкающими контактами *РУ16* (провода *77*, *78*) и реле управления *РУ2* (провода *79* и *83*). Ток самовозбуждения возбудителя течет от плюсового зажима *Я* по проводу *99*, резистору самовозбуждения, панели *СВВ*, на обмотку возбуждения и минус возбудителя *ЯЯ*.

Противокомпаундная (дифференциальная) обмотка возбудителя *О—ОО* включена в силовую цепь тяговых электродвигателей. Обмотка независимого возбуждения тягового генератора *Н—НН* получает питание от возбудителя через контактор *КВ* (резистор *СВГ* является разрядным для обмотки возбуждения).

Приведение тепловоза в движение. Тепловоз приводится в движение перестановкой штурвала контроллера машиниста в положение «Холостой ход», установкой реверсивной рукоятки в одно из рабочих положений, включением тумблера «Управление машинами» и перестановкой рукоятки контроллера на 1-ю позицию.

Переводом реверсивной рукоятки в положение «Вперед» соединяются провода *150* и *171* и обеспечивают питание катушки вентиля «Вперед» реверсора *Р*. Постановкой реверсивной рукоятки в положение «Назад» соединяются провода *150* и *164*. Барабан реверсора после включения вентиля поворачивается в положение, соответствующее установке реверсивной рукоятки, или остается на месте, если до этого тепловоз двигался в том же направлении. При повороте реверсора в положение «Вперед» его силовые контакты пересоединят обмотки возбуждения тяговых электродвигателей так, что якоря их будут вращаться в требуемом направлении, а блокировочные контакты соединят провода *141* и *173*.

После перевода штурвала контроллера машиниста на 1-ю позицию катушка контактора *ВВ* получает питание по цепи: провода *171*, *173*, размыкающий контакт реверсивного барабана, провод *141*, перемычка *162*, тумблер *В2* «Управление машинами», провод *164*, два верхних пальца контроллера, провода *177*, *191*, блокиро-

вочный контакт двери высоковольтной камеры *БК*, провод *176*. Далее ток разветвляется по двум цепям: первая — размыкающий контакт *РУ2*, провод *178*, размыкающие контакты реле *РБ1* и *РБ2*, провод *179*, катушка контактора *ВВ*, провода *188*, *185*, размыкающий контакт заземления *РЗ*, провод *180*, минус *ВГ*; вторая — провод *168*, катушка реле *РВ4*, минус *ВГ*.

Сработав, реле времени *РВ4* своим контактом соединит провода *193* и *197* и тем самым создаст цепь питания катушкам силовых контакторов *П1* и *П2*: плюсовой зажим *4/3*, провод *197*, замыкающий контакт *РВ4*, провод *193*, контакты универсального переключателя *ОМ* (положение *I+II*) *1* и *5*, провода *196*; *194*, катушки контактора *П1*, *П2*. После включения силовых контакторов получает питание контактор возбуждения генератора *КВ* от контакта реле *РУ2* по цепи: провода *189*, *563*, замыкающие контакты контакторов *П1* и *П2*, провод *183*, размыкающие контакты контакторов *Д1* и *Д2*, провод *186*, размыкающие контакты *РУ14*, провод *904*, размыкающий контакт термореле *ТР1*, провод *612*, катушка контактора *КВ*, провод *185*, размыкающий контакт реле *РЗ*, минус *ВГ*.

Чтобы уменьшить подгар силовых контактов контакторов *П1* и *П2*, срабатывание их происходит при обесточенной цепи. При замыкании контакторов *П1* и *П2* это обеспечивается их замыкающими блокировочными контактами. С этой же целью в цепи катушки *КВ* при размыкании используется реле *РВ4*, контакты которого размыкаются примерно через *1* с после обесточивания его катушки. Следовательно, напряжение с тягового генератора снимается (контакты *ВВ* и *КВ* отключаются), и только после затухания переходного процесса тяговые электродвигатели отключаются (выключаются контакторы *П1* и *П2*). Размыкающие контакты контакторов *Д1* и *Д2* в цепи катушки *КВ* необходимы, чтобы исключить подведение напряжения тягового генератора к аккумуляторной батарее (например, при приварившихся силовых контактах пусковых контакторов) и низковольтным цепям.

При замыкании силовых контактов контактора *КВ* возбуждатель начнет питать обмотку независимого возбуждения тягового генератора *Н—НII*. Тяговый генератор получит возбуждение и начнет вырабатывать ток. Защита тяговых машин от больших бросков тока осуществляется параллельным включением размыкающего контакта реле *РУ2* и замыкающего контакта контактора *КВ*. Это обеспечивает возможность получения питания катушки *КВ* только на *1-й* позиции контроллера. Работа реле переходов описана в гл. *V*.

Регулирование температуры воды и масла дизеля. При достижении температуры воды в системе дизеля $78\pm 2^{\circ}\text{C}$ замыкается контакт термореле *ТР1* в цепи катушки *РУ6*. После срабатывания реле *РУ6* своими замыкающими контактами создает цепь питания катушек электропневматических вентилей боковых жалюзи воды *ВП1* и верхних жалюзи *ВП3*. При повышении температуры воды до $85\pm 1^{\circ}\text{C}$ замыкаются контакты реле *ТР1* в цепи катушки *РУ7*;

после срабатывания *РУ7* замыкает цепь (контакты между проводами 487 и 488) вентиля муфты вентилятора *ВП4* и создает своими замыкающими контактами цепь катушки *РУ7* независимо от контактов реле *ТР1*.

Если температура воды понизится до $78 \pm 2^\circ \text{C}$, контакты термореле *ТР1* в цепи катушки *РУ6* размыкаются и отключают вентили муфты вентилятора *ВП4* и жалюзи *ВП1*. Вентилятор выключается, жалюзи закрываются.

Температура масла регулируется аналогично при помощи термореле *ТР2*, реле *РУ8* и *РУ9*. При повышении температуры масла до $70 \pm 2^\circ \text{C}$ замыкаются контакторы *ТР2* и создают цепь питания катушки реле *РУ8*, включается вентиль *ВП2* и жалюзи открываются. Одновременно включается вентиль открытия верхних жалюзи *ВП3*. Когда температура достигает $77 \pm 1^\circ \text{C}$, замыкаются другие контакты термореле и срабатывает реле *РУ9*, включается вентиль *ВП4*, начинает работать вентилятор. При снижении температуры до $70 \pm 2^\circ \text{C}$ контакты реле *ТР2* в цепи катушки *РУ8* размыкаются, выключается вентилятор и закрываются жалюзи масляных секций.

Жалюзи охлаждающей воды наддувочного воздуха включаются и отключаются термореле *ТР3*; которое перестраивают на зимний и летний режимы. Летний режим при температуре наружного воздуха выше $+5^\circ \text{C}$, зимний — ниже $+5^\circ \text{C}$. При температуре воды наддувочного воздуха $+20^\circ \text{C}$ для летнего режима или $+3^\circ \text{C}$ для зимнего контакты термореле *ТР3* замыкаются. Срабатывает реле *РУ11* и своими замыкающими контактами создает цепь питания катушек вентиля *ВП5*, который открывает жалюзи. При увеличении температуры воды до $+15^\circ \text{C}$ для летнего режима или $+25^\circ \text{C}$ для зимнего контакты *ТР3* размыкаются и жалюзи закрываются. Если схема автоматического регулирования температуры воды и масла дизеля неисправна, то работой холодильника управляют дистанционно из кабины машиниста тумблерами *В6—В10*. Схема включается выключателем «Автоматическое управление холодильником».

Защита дизеля от перегрева охлаждающей воды и контроль перегрева масла дизеля. Если температура охлаждающей воды дизеля достигнет максимально допустимого значения $88 \pm 2^\circ \text{C}$, размыкается размыкающий контакт реле *ТР1* в цепи катушки контактора *КВ* и снимает нагрузку с дизеля. При достижении температуры масла дизеля $80 \pm 2^\circ \text{C}$ замыкается замыкающий контакт реле *ТР2* (между проводами 510, 702 и 569) и загорается сигнальная лампа «Перегрев масла».

Защита генератора от чрезмерно больших токов. В схеме тепловоза ТЭМ2 токовое реле *РТ* ограничивает ток тягового генератора. Начало срабатывания реле при токе в токовой катушке 860—870 А. При токе 900—910 А размыкающие контакты разомкнуты, и при токе 940—950 А подвижной контакт замыкается с передним неподвижным, в результате чего резко снижается напряжение генератора.

Цепь реле боксования. При срабатывании реле боксования его подвижной контакт отходит от заднего неподвижного и замыкается с передним неподвижным контактом. Предположим, сработало реле *РБ1*. Тогда разрывается цепь катушки контактора *ВВ* возбуждения возбудителя (между проводами *178* и *146*), одновременно провод *178* соединяется с проводом *147* и создается цепь питания звукового сигнала (зуммера) *СБ*. Уменьшением силы тока генератора и, следовательно, силы тяги электродвигателей сцепление колес с рельсами восстанавливается. Реле боксования отключается, контактор *ВВ* замыкает цепь питания возбуждения возбудителя, а цепь звукового сигнала разрывается. Если условия сцепления колес с рельсами таковы, что боксование возобновляется, то реле *РБ* снова работает. Чтобы предотвратить повторное боксование колес, необходимо перевести рукоятку контроллера на более низкую позицию, т. е. уменьшить мощность дизеля и подать под колеса тепловоза песок.

Цепь реле заземления. Катушка реле заземления включена в следующую цепь: зажим шунта *ША2*, провод *67*, отключатель *ВРЗ*, провод *68*, резистор *СРЗ*, провод *69*, катушка реле заземления *РЗ*, провод *70*, соединенный с корпусом тепловоза. Таким образом, минус тягового генератора искусственно заземлен. Если в силовой цепи произойдет замыкание на корпус, то по катушке *РЗ* пойдет ток. После того как ток достигнет *10 А*, включится реле заземления и его контакты между проводами *185* и *180* разорвут цепь катушек контакторов *ВВ* и *КВ*. Отключившись, они снимут возбуждение с генератора.

Включение прожекторов. Прожекторы задний и передний включаются одной кнопкой «Прожектор тусклый» или одной кнопкой «Прожектор яркий» с автоматическим переключением ламп реле *РУ10* в зависимости от направления движения тепловоза. При установке реверсивной рукоятки в положение «Назад» получает питание катушка *РУ10* по проводам *164* и *219*. Замыкающие контакты между проводами *341* и *342* подготавливают цепь лампы заднего прожектора, а размыкающие контакты между проводами *338* и *610* разрывают цепь лампы переднего прожектора. При установке реверсивной рукоятки «Вперед» *РУ10* отключается и его контакты переключают цепи ламп.

Работа по системе двух единиц. Розетки межтепловозного соединения установлены со стороны аккумуляторного помещения. При работе по системе двух единиц на ведомом тепловозе (с № *0763*) рукоятка контроллера устанавливается в положение «Холостой ход», а реверсивная — в нулевое и снимается.

Электропневматические вентили управления реверсором, регулятором частоты вращения дизеля, цепи включения нагрузки тягового генератора, реле *РУ2* и *РУ16* второго тепловоза получают питание от контактов контроллера машиниста ведущего тепловоза по проводам *592, 593, 599, 657, 658, 659, 594, 598, 683*. Плюсовые цепи вентиляей песочниц *КЛП* обоих тепловозов соединены между собой проводом *584* и приводятся в действие из любого тепловоза.

При переводе рукоятки пакетного переключателя числа тепловозов *ПЧТ* в положение II (работа двумя тепловозами) его контакты между проводами 691 и 692 размыкаются и вводят через межтепловозное соединение контакты тумблера *В32* «Стоп дизель II тепловоза» в цепь катушки контактора *КТН* второго тепловоза между проводами 359 и 581. Это позволяет с пульта управления первого тепловоза производить остановку дизеля второго тепловоза выключением тумблера *В32*. Вторая пара контактов между проводами 342 и 695, 696 переключает лампы прожекторов, что позволяет включать один из крайних прожекторов. Третья пара контактов *ПЧТ* между проводами 595 и 596 включена в цепь нагрузки с тем, чтобы исключить возможность нагрузки второго тепловоза при неперевернутом переключателе в положение II.

В схеме этих тепловозов имеется кнопка «Вызов помощника машиниста»; нажатие которой замыкает цепь питания катушки зуммера *СБ* второго тепловоза. Также установлены сигнальные лампы, контролирующие работу дизеля второго тепловоза и сброс нагрузки: «Дизель II тепловоза» и «Сброс нагрузки II тепловоза».

Цепи второго тепловоза, управляемые с первого, получают питание от вспомогательного генератора первого тепловоза. Для этого минусовые зажимы цепей управления второго и первого тепловозов соединены через межтепловозное соединение проводом 2×597. Управление пуском дизеля, автосцепкой, холодильником, включение измерительных приборов, сигнальных и осветительных ламп производятся отдельно на каждом тепловозе.

Автоматическая локомотивная сигнализация (АЛСН). Некоторые тепловозы оборудуются АЛСН, повышающей безопасность движения поездов на участках, оборудованных автоблокировкой. Локомотивный светофор, установленный в кабине машиниста, повторяет показания путевых сигналов автоблокировки. Кроме того, на АЛСН предусмотрено устройство, предотвращающее проезд закрытых светофоров при потере машинистом бдительности или возможности управлять поездом.

АЛСН включает в себя приемные катушки *ПК*, усилитель и дешифратор (размещенные в ящике *ОЯ*), локомотивный светофор *ЛС*, электропневматический клапан автостопа *ЭПК* и рукоятку бдительности *РБС*. Устройства АЛСН питаются от части аккумуляторной батареи напряжением 50 В через пакетный выключатель *В29*. При изменении направления движения движения передние и задние катушки *ПК* автоматически переключаются с помощью реле *РУ13* и блокировочных контактов реверсора *Р*.

Схема АЛСН работает следующим образом: в рельсовую цепь навстречу поезду пропускается ток, импульсы которого содержат код сигналов путевого светофора. Зеленый огонь имеет код, состоящий из серии по три импульса с короткими интервалами между ними и длинными интервалами между сериями импульсов; желтый огонь — два импульса с короткими интервалами между ними и длинным между сериями импульсов. Красный огонь кодируется одиночными импульсами, разделенными длинными интервалами.

Рельсовые цепи участков пути при тепловозной и электрической тяге на постоянном токе питаются кодовым током частотой 50 Гц, а при электротяге — на переменном токе 25 или 75 Гц. Для обеспечения работы АЛСН на любой из указанных частот схема предусматривает подключение двухполосового фильтра пакетным выключателем В30 «Переключение частоты».

Ток рельсовой цепи создает магнитное поле, наводящее в приемных катушках ПК импульсы э. д. с., которые усиливаются усилителем и передаются в дешифратор. Дешифратор расшифровывает сигнал, включает соответствующий огонь на ЛС и управляет работой ЭПК. Ключ ЭПК автостопа вступает в работу в зависимости от показания ЛС, подавая предварительное экстренное торможение. С тем чтобы клапан автостопа не сработал, машинист периодически через 15—20 с должен нажимать рукоятку РБС при следующих огнях ЛС: красном огне и скорости менее 20 км/ч; желтом огне с красным и скорости менее 50 км/ч; желтом огне и скорости больше 80 км/ч; белом огне после желтого или зеленого и скорости свыше 10 км/ч.

На участках, не оборудованных путевыми устройствами локомотивной сигнализации, на ЛС должен загораться белый огонь. Если загорается красный, то необходимо одновременно нажать кнопку ВК (включение белого огня) и рукоятку РБС. В этом случае должен загораться белый огонь. Машинист включает пакетный выключатель ДЗ «Включение бдительности без АЛСН» и нажимает рукоятку РБС через 60—90 с. Рукоятка бдительности также нажимается при смене огней, кроме смены на зеленый.

Клапан автостопа ЭПК срабатывает и вызывает экстренное торможение поезда (которое нельзя прекратить нажатием рукоятки бдительности), если проследован закрытый светофор с красным огнем на ЛС со скоростью больше 20 км/ч или превышена скорость при желтом с красным огне ЛС. Срабатывание ЭПК приводит к снятию нагрузки с дизеля, так как концевые контакты ЭПК замыкают цепь питания катушки реле РУ14, размыкающие контакты которого прерывают цепь питания катушки контактора возбуждения генератора КВ. Во время работы АЛСН регистрируется на ленте скоростемера СЛ включенное положение автостопа, нажатие рукоятки бдительности и следование по участкам с желтым, желтым с красным и красным огнями на светофоре.

Управление в одно лицо. Тепловозы ТЭМ1 и ТЭМ2 оборудуются также устройствами для управления одним машинистом (рис. 158). В этом случае контроллер и тормозная схема имеют дистанционные приводы. Управление осуществляется с двух переносных пультов с переключателями и кнопками, которые позволяют машинисту занимать любое удобное для него место. Контроллер оборудован дистанционным пневмомеханическим приводом. Дистанционное управление обеспечивает поворот главного барабана в обе стороны на любую позицию и позволяет на каждой позиции перейти с дистанционного управления на ручное и наоборот.

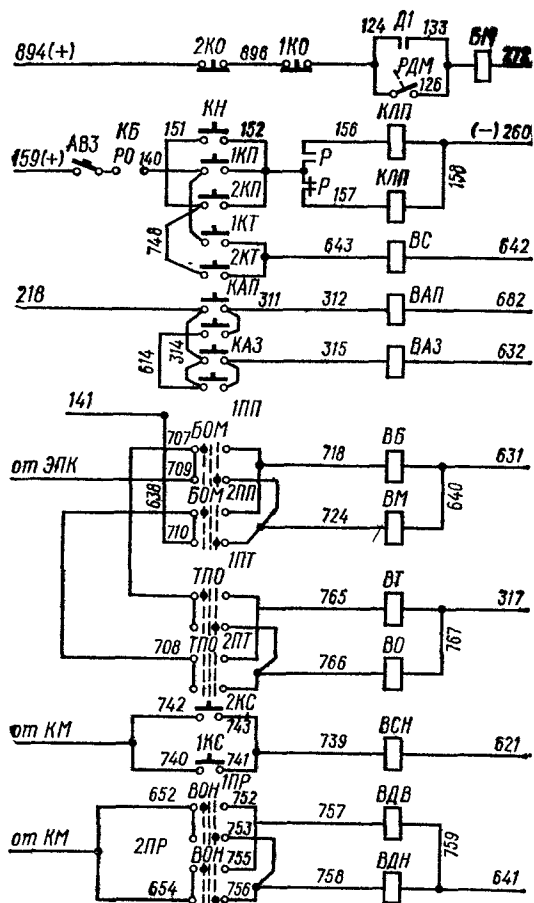


Рис. 158. Электрические цепи устройства для управления тепловозом одним машинистом (в одно лицо)

Мощность дизеля изменяется переключателями 1ПП и 2ПП. Нажатие переключателя в положение «Больше» вызывает срабатывание вентиля ВБ и поворот главного барабана контроллера на одну позицию. Для перехода на следующее положение переключатель необходимо поставить в положение «Отключено» и нажать его снова. Для изменения направления движения тепловоза используются переключатели 1ПР и 2ПР, которые создают цепь питания катушкам вентилей ВДВ и ВДН и тем самым поворачивают реверсивный вал в положение «Вперед» или «Назад». Переключатели 1ПТ и 2ПТ управляют тормозами. При установке переключателя в положение «Тормоз» включается вентиль ВТ и осуществляется торможение; при переводе переключателя в положение «Отпуск» включается вентиль ВО и происходит отпуск тормозов, в нулевом положении — перекрыша.

Отключение дизеля, сброс нагрузки, управление автосцепкой, подача песка и сигнала производятся кнопками. Кнопки 1КО и 2КО «Стоп» включены в цепь катушки блокировочного магнита БМ. Для подачи песка используются кнопки 1КП и 2КП «Песок» и вентили КЛП. При помощи кнопок КАП и КАЗ управляют автосцепкой. Кнопки 1КТ и 2КТ «Сигнал» предназначены для подачи сигнала, а кнопки 1КС и 2КС «Сброс» — для мгновенного сброса нагрузки.

На тепловозах ТЭМ2 с № 1500 устанавливаются штепсельные разъемы Р2—Р7, служащие для соединения электрических аппаратов с цепями управления. Кроме того, на тепловозах последних выпусков используются аппараты другого типа, например реверсор типа ППК-8023 вместо ПР-720, контроллер КВП-0854 вместо

КВ-0854, термореле, измеряющие температуру охлаждающей воды и масла, типов ТР-16-03 и ТР-16-04 вместо типа ТПД-4П.

Схема электрических соединений тепловоза ТЭМ1. По принципу действия схема тепловоза ТЭМ1 аналогична схеме ТЭМ2. Однако она имеет ряд существенных отличий. Шесть тяговых электродвигателей могут соединяться последовательно, последовательно-параллельно, образуя две параллельные группы по три последовательно соединенных двигателя в каждой, и последовательно-параллельно с ослаблением возбуждения. Для обеспечения работы тепловоза на последовательном соединении электродвигателей имеется кнопка «Управление переходами», при включении которой переход на последовательно-параллельное соединение не произойдет. Начиная с тепловоза ТЭМ1-407, из схемы исключено реле ограничения тока *РТ*, которое предназначалось для защиты генератора от чрезмерных токов при последовательно-параллельном соединении электродвигателей.

35. СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ТЕПЛОВОЗА 2ТЭ116

Тепловоз 2ТЭ116 имеет шесть тяговых электродвигателей, которые соединены параллельно. Для использования полной мощности дизеля во всем диапазоне скоростей имеются две ступени регулирования возбуждения электродвигателей — 60 и 37%. Схема тепловозов 2ТЭ116 (рис. 159) сложнее рассмотренных выше, поэтому она приводится в упрощенном виде с тем, чтобы можно было легче понять принцип ее действия.

Обозначения основных электрических машин и аппаратов, установленных на тепловозах 2ТЭ116, и порядок замыкания контакторов, реле и вентилях при различных режимах работы приведены соответственно в табл. 13 и 14.

Таблица 13

Обозначение в схеме на рис 159	Наименование и тип
А1—А10	Автоматы
БУВ	Блок управления БА-520
БЗВ	Блок задания БА-430
БУ	Блокировка крана машиниста № 367
БВУ	Блокировка ВУ ВК-200Б
БПД	Блок пуска дизеля БПД-4
БПК	Блок пуска компрессора БПК-2
БСТ	Блок стабилизации БА-310
ВА	Вентиль аварийный ВВ-32
ВУ	Выпрямительная установка УВКТ-5
ВК	Выпрямитель коррекции ПВК-7041
СВ	Возбудитель ВС-650 В
УВВ	Выпрямитель возбуждения БВК-1012
Г	Генератор тяговый ГС-501 А
ДВ1, ДВ2	Датчики температуры воды ПП2
ВВ	Контактор возбуждения возбудителя ТКПМ-111
КВ	Контактор возбуждения генератора ТКПД-114

Обозначение в схеме на рис 159	Наименование и тип
КАВ	Контактор аварийного возбуждения ТКПМ-111
П1—П6	Контакты ТЭД ПК-753
РУВ	Реле уровня воды ДРУ-1
РДК	Реле давления воздуха АК-11Б
ПР	Реверсор ППК-8064
РДВ	Реле давления воздуха АК-11Б
СТГ	Стартер-генератор СТГ-7
ТР1, ТР2	Трансформаторы распределительные ТР-4, ТР-70
ТК	Трансформатор коррекции ТТ-30
ОТ1, ОТ2	Тумблеры «Отключатели тележек» ТВ-1-2
1—6	Электродвигатели тяговые ЭД-118А
МК	Электродвигатель калорифера П11 М
К	Электродвигатель компрессора ЭКТ-5
КДК	Контактор компрессоров ТКПМ-111 В
КУДК	Контактор компрессора ТКПД-114 В

Пуск дизеля и работа его без нагрузки. Для пуска дизеля необходимо: включить разъединитель ВБ аккумуляторной батареи и автоматические выключатели А1 «Возбудитель», А2 «Топливный насос», А3 «Дизель», А4 «Управление возбуждением», А6 «Управ-

Таблица 14

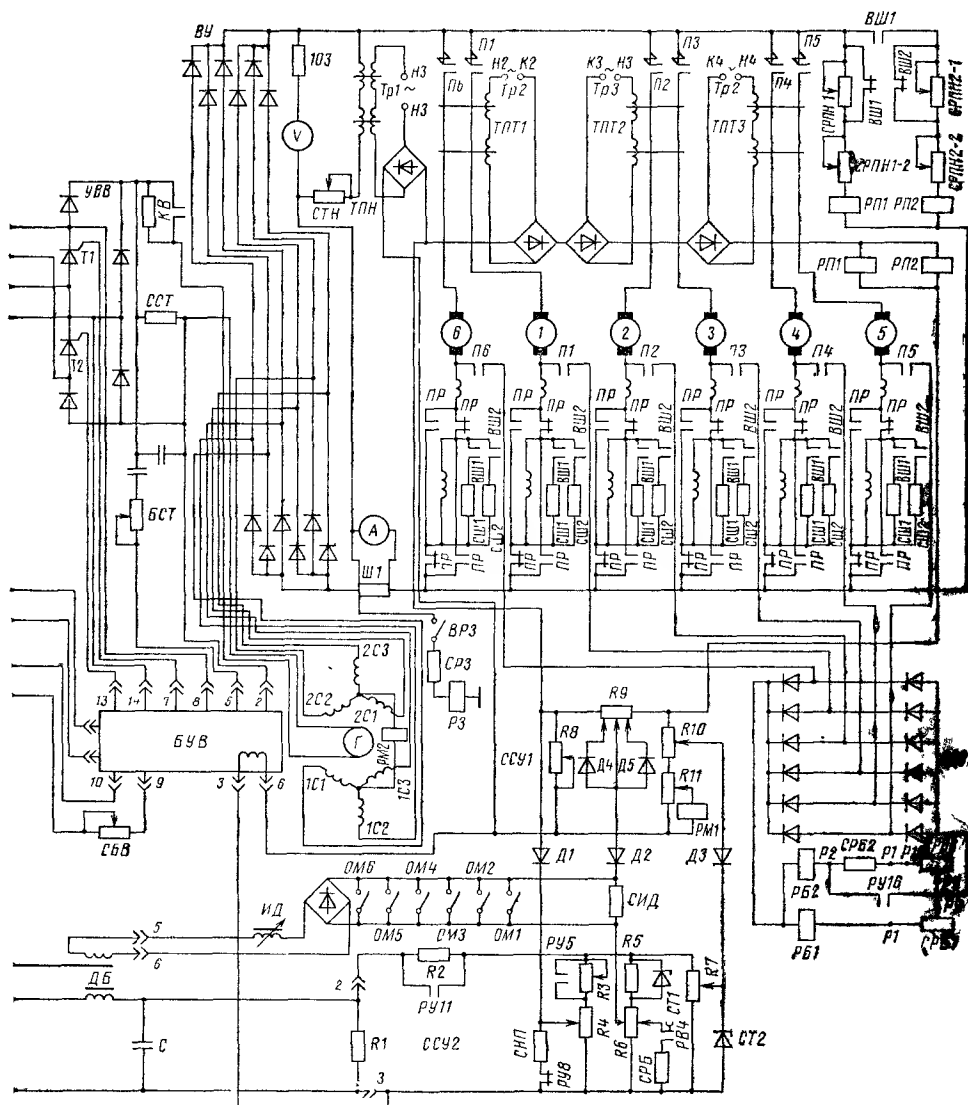
Режим работы	Пози- ция	Контактыры							Реле					Вентили								
		КВ	ВВ	Д1—Д2	П1—П6	ВШ1	ВШ2	КАВ	КМН	КТН	РВ3	РУ4	РУ5	РУ8	РУ9, РУ10	ВТН	МР1	МР2	МР3	МР4	МР5	ВП7
«Пуск дизеля»	0			•					•	•												•
«Холостой ход»	0	•	•							•												
	1	•	•							•		•			•	•						
«Тяга»	1	•	•																			
	2	•	•		•					•	•	•	•	•	•		•					
	3	•	•		•					•	•	•	•	•	•							
	4	•	•		•					•	•	•	•	•	•							
	5	•	•					•		•	•	•	•	•	•			•				
	6	•	•					•		•	•	•	•	•	•							
	7	•	•					•		•	•	•	•	•	•		•					
	8	•	•					•		•	•	•	•	•	•							
	9	•	•					•		•	•	•	•	•	•							
	10	•	•					•		•	•	•	•	•	•		•					
	11	•	•					•		•	•	•	•	•	•							
	12	•	•					•		•	•	•	•	•	•		•					
	13	•	•					•		•	•	•	•	•	•							
	14	•	•					•		•	•	•	•	•	•							
	15	•	•					•		•	•	•	•	•	•							
«Ослабление воз- буждения»	I	•	•			•		•		•	•	•	•	•	•		•					
	II	•	•			•	•	•		•	•	•	•	•	•		•					

ление холодильником», А7 «Пожарная сигнализация» (на каждой секции).

На ведущей секции машинист должен включить: выключатель АУ «Управление общее», вставить и повернуть до упора рукоятку блокировки тормоза, что приведет к замыканию контактов БУ, поставить реверсивную рукоятку в положение «Вперед» или «Назад», а штурвал контроллера машиниста на нулевую позицию и включить тумблер ТН1 «Топливный насос». После этого получит питание катушка контактора вспомогательного топливного насоса КТН по цепи: плюс АБ, резистор СЗБ, шунт амперметра ШЗБ, плюсовая шина 1, выключатель АЗ, размыкающие контакты, реле РУ7, катушка КТН, контакты тумблера ТН1, минусовая шина 11, минус АБ.

Одна пара силовых контактов контакторов КТН обеспечивает питание двигателя топливного насоса ТН по цепи: шина 1, выключатели АЗ и А2, контакты КТН, электродвигатель ТН, шина 11. Другая пара силовых контактов КТН подготавливает цепи питания: блоку пуска дизеля БПД и тяговому магниту МР6 объединенного регулятора частоты вращения и мощности дизеля, катушка контактора регулятора напряжения стартер-генератора КРН, реле РУ9 и РУ10, вентиль ВП7 и параллельной обмотке возбуждения стартер-генератора СГ. Размыкающий контакт реле РУ7 в цепи катушки КТН останавливает дизель при появлении давления паров масла в картере дизеля. Блокировочный размыкающий контакт контактора КТН подготавливает схему питания цепи пуска дизеля при отпуске кнопки «Пуск дизеля» ПД1. Последующий процесс пуска дизеля автоматизирован. Для этого необходимо кратковременно нажать на кнопку «Пуск дизеля» ПД1. Нажатие ПД1 обеспечит питание катушки контактора вспомогательного маслопрокачивающего насоса КМН по цепи: шина 1, выключатель АУ, контакты БУ, контакты реверсивного барабана, контакты контроллера машиниста, замкнутые на нулевой позиции, контакты кнопки ПД1, размыкающий контакт реле РУ9, размыкающий контакт блока БПД с выдержкой времени на размыкание, катушка КМН, шина 11. Силовые контакты КМН подключают к батарее электродвигатель маслопрокачивающего насоса МН. Замыкающие контакты контактора КМН обеспечивают протекание тока по катушке КМН от АЗ (через контакты РУ8, РУ4, КТН), следовательно, кнопку ПД1 можно отпустить.

Вторая пара замыкающих контактов контактора КМН вместе с силовыми контактами КТН замыкает цепь электромагнита МР6, вследствие чего вводится в работу регулятор частоты вращения дизеля. Работая, МН повышает давление в масляной системе дизеля, и, когда оно достигнет 20—30 кПа, сработает реле масляного давления РДМЗ. Это обеспечит подачу напряжения батареи к блоку БПД. Блок БПД начнет отсчет времени предварительной прокачки масла, которое равно 60 с. После этого БПД обеспечит питание пусковым контакторам Д1 и Д2 и электропневматическому вентилю ускорителя пуска ВП7 по цепи: шина 1, АЗ, контакты



тепловоза 2ТЭ116 (упрощенная)

с выдержкой времени на замыкание реле времени блока *БПД*, катушка *Д1* (на обеих секциях), через контакт 9 разъема *БПД*, контакты валоповоротного механизма дизеля *105* получит питание катушка вентиля *ВП7*, а через замыкающий контакт *Д1* — катушка контактора *Д2*. При включении *ВП7* шток серводвигателя регулятора перемещает рейки топливных насосов в положение максимальной подачи.

Силовые контакты *Д1* соединяют батареи обеих секций параллельно через межтепловозное соединение *РПБ* при двухсекционной работе. Силовые контакты *Д2* подключают *СГ* к батарее, *СГ* во время пуска работает в режиме двигателя с последовательным возбуждением. Замыкающий контакт контактора *Д2* обеспечивает цепь питания обмотки возбуждения синхронного возбудителя *СВ*: шина *1*, выключатель *А1*, замыкающий контакт *Д2*, резистор *СПД*, обмотка возбуждения *СВ* (зажимы *И1*, *И2*), шина *11*. При исправной пусковой цепи после включения контакторов *Д1* и *Д2* начнется вращение коленчатого вала дизеля. Напряжение возбудителя *СВ* подается в *БПД*, и процесс пуска продолжается. Если в течение 2 с после включения *Д1* и *Д2* коленчатый вал не начал вращаться, то *БПД* прекратит пуск (разомкнув размыкающий контакт *БПД* в цепи *КМН*).

При нормальном пуске после увеличения давления в масляной системе до 50—80 кПа сработает *РДМ4*, и к катушкам реле *РУ9* и *РУ10* подается напряжение батарей, но срабатывание их произойдет только при увеличении напряжения *СВ* до 26—35 В, достаточного для открытия тиристора *ВУЗ БПД*. Включение реле *РУ9* обеспечивает: шунтирование тиристора *ВУЗ БПД*; питание *МР6* от *А3* через контакты *РДМ4*; подготовку цепи катушки контакторов *КРН*; отключение аппаратов, участвующих в процессе пуска (*БПД*, *КМН*, *Д1*, *Д2*, *ВП7*).

Пусковые контакторы *Д1* и *Д2* не должны находиться во включенном состоянии более 12 с. Если в течение этого времени частота вращения вала дизеля не достигла требуемого значения и тиристор *ВУЗ* не включился, то *БПД* прервет цепь питания катушки *КМН* и пуск прекратится.

После отключения контакторов *Д1* и *Д2* при нормальном пуске дизеля стартер-генератор *СГ* начинает работать как генератор с параллельным возбуждением. Цепь питания параллельной обмотки возбуждения *СГ* следующая: шина *1*, выключатель *А3*, силовые контакты *КТН* и *КРН*, обмотка возбуждения *СГ*, контакты 3 разъема регулятора напряжения *РН*, узел регулирования *РН*, контакт 5 разъема *РН*, шина *11*. Регулятор напряжения поддерживает напряжение *СГ* постоянным и равным 110 В.

Как только напряжение *СГ* станет больше напряжения батареи, *ДЗБ* отпирается и *СГ* заряжает *АБ* и питает цепи управления. Размыкающие контакты реле *РУ8* и *РУ4* в цепи катушки *КМН* предназначены для прекращения пуска дизеля, если штурвал контроллера машиниста будет переведен на одну из рабочих позиций. Размыкающие контакты контакторов *Д1* и *Д2* в цепи катуш-

ки *КРН* введены для отключения возбуждения *СГ* работающей секции при пуске дизеля второй секции с целью предохранения от перегрузки *СГ*.

Цепи возбуждения возбудителя и тягового генератора. Тепловозы 2ТЭ116 имеют электрический привод вентиляторов охлаждения тяговых электродвигателей, выпрямительной установки и холодильника дизеля. Асинхронные электродвигатели, используемые для привода, получают питание от напряжения фазы тягового генератора, поэтому схема тепловоза обеспечивает возбуждение тягового генератора на холостом ходу и на любой позиции контроллера. Включение выключателя *А4* «Управление возбуждением» создает цепь питания катушек контакторов возбуждения возбудителя *ВВ*, возбуждения генератора *КВ* и реле *РУ11*: зажим плюс *110 В*, выключатель *А4*, размыкающие контакты реле *РВ3* контакторов *П1—П6*, размыкающие контакты реле *РУ5*, *РМ2*, *Р3*, блокировочные контакты дверей высоковольтных камер *БД2—БД8*, выпрямительной установки *ВВУ*, замыкающий контакт контактора *КРН*, катушки контакторов *ВВ* и *КВ*, размыкающий контакт реле боксования *РБ2*, катушка реле *РУ11*, зажим минус *110 В*. Силовые контакты *ВВ* создадут цепь питания обмотке возбуждения возбудителя *СВ*: зажим плюс *110 В*, выключатель *А1* «Возбудитель», контакты *ВВ*, контакты аварийного переключения *АП* (он находится в рабочем положении), резистор *СВВ*, зажимы *И1*, *И2*, обмотка возбуждения *СВ*, минус *110 В*.

Замыкающие контакты контактора *КВ* подают напряжение *СГ* через резистор *СД2* к блоку управления возбуждения *БУВ* тягового генератора. Напряжение синхронного возбудителя *СВ* при постоянном токе возбуждения с ростом нагрузки резко уменьшается за счет размагничивающего действия реакции якоря и падения напряжения в его обмотке (обмотка имеет большое индуктивное сопротивление). Для компенсации действия реакции якоря и падения напряжения введен узел коррекции возбуждения *СВ*, состоящий из трансформатора тока *ТК* и выпрямителя *ВК*. С ростом тока возбуждения тягового генератора *Г* увеличивается ток вторичных обмоток *ТК* и, следовательно, ток возбуждения *СВ*, а напряжение фазы *СВ* остается постоянным. Напряжение *СВ* через переключатель *АП* подается на управляемый выпрямитель возбуждения *УВВ*, выпрямляется и через силовые контакты *КВ* подводится к обмотке возбуждения генератора *Г*.

Возбуждение, а следовательно, и напряжение *Г* регулируются блоком *БУВ*. Обмотка управления магнитного усилителя *МУ*, выполняющего роль фазосдвигающего устройства, включена между минусовыми выводами селективного узла *ССУ1* и узла задания *ССУ2*. Напряжение *Г* выпрямляется двухмостовой выпрямительной установкой *ВУ* и поступает к тяговым электродвигателям *1—6* и одновременно к управляющей обмотке трансформатора постоянного напряжения *ТПН*.

Ток, протекающий в рабочих обмотках *ТПН* (пропорциональный напряжению *ВУ*), выпрямляется мостом *В4* и подходит к ре-

зисторам $R8$ и $R9$, $R10$ и $R11$ узла $ССУ1$, а через диод $D1$ — к резистору нулевой позиции $СНП$ и подвижному контакту $R4$ узла $ССУ1$. Далее ток проходит по обмотке управления $МУ$ блока $БУВ$, но часть его (проходящего по $D1$) поступает к минусовому зажиму моста $B4$.

Таким образом, ток i_{ou} усилителя $МУ$ блока $БУВ$ определяется разностью между напряжениями на $R8$ и на $СНП$ и подвижном контакте $R4$, которые зависят от выходного напряжения блока задания возбуждения $БЗВ$. На 2-й позиции контроллера размыкающий контакт $PУ8$ прерывает цепь $СНП$, и напряжение задания возрастает.

Приведение тепловоза в движение. Тепловоз приводится в движение переводом штурвала контроллера машиниста на нулевую позицию, установкой реверсивной рукоятки в одно из рабочих положений (на схеме «Вперед»), включением тумблера $УТ$ «Управление тепловозом» и перестановкой штурвала контроллера на 1-ю позицию. При этом получит питание катушка вентиля реверсора «Вперед» от верхних шайб главного барабана контроллера, через размыкающий контакт $PУ1$, перемычку ключа $ЭПК$, тумблер $УТ$, контакты реверсивного барабана, расположенного на контроллере, катушку вентиля реверсора «Вперед» (B), зажим минус $110 В$. Барабан реверсора поворачивается в положение «Вперед». Его силовые контакты включают соответствующим образом обмотки возбуждения тяговых электродвигателей. Блокировочные контакты реверсора замкнут цепь питания катушки реле времени $PВ3$: катушка вентиля «Вперед», блокировочные контакты реверсора B , размыкающие контакты температурных реле воды и масла $ТРВ$ и $ТРМ$, размыкающие контакты автомата выпрямительной установки $АВУ$, автоматы $1АТ$ и $2АТ$, размыкающие контакты реле $PУ4$ ($PУ4$ включилось на 1-й позиции), размыкающие контакты реле $PУ2$, $PУ1$, $PУ8$, катушка реле времени $PВ3$, зажим минус $110 В$.

Выключатели автоматические $АВУ$, $1АТ$ и $2АТ$ отключаются при неисправности электродвигателей охлаждения $ВУ$ и тяговых электродвигателей. Катушка реле $PУ1$ получит питание через контакты реле давления воздуха $РДВ$ при давлении в тормозной магистрали менее 3—50 кПа. Размыкающий контакт $PУ1$ разомкнет цепь питания катушки $PВ3$, и переход в тяговой режим не осуществится.

При обрыве тормозной магистрали поезда катушка $PУ1$ получит питание через контакты датчика разрядки тормозной магистрали $ДДР$, датчика давления воздуха в тормозных цилиндрах $ДТЦ$ и снимет нагрузку с генератора G . В этом случае замыкающий контакт $PУ1$ создает питание катушке $PУ1$ независимо от положения $ДДР$ и для отключения реле $PУ1$ необходимо привести в действие тормоза тепловоза. Это прервет цепь питания катушки $PУ1$ контактами датчика $ДТЦ$. При потере локомотивной бригадой бдительности срабатывает $ЭПК$ системы автостопа и катушка реле $PУ1$ также получает питание через тумблер автостопа $ТА$.

Если на тепловозе неисправностей нет, то после срабатывания *PВЗ* его размыкающие контакты отключают контакторы *ВВ*, *КВ* и реле *РУ11* от *А4*. Замыкающие контакты *PВЗ* обеспечивают питание катушкам вентилей контакторов *П1—П6* и реле *РУ5* по следующей цепи: плюс *110 В*, выключатель *А4*, замыкающий контакт *PВЗ*, тумблеры отключения тележек *ОТ1* и *ОТ2*, тумблеры отключения электродвигателей *ОМ1—ОМ6*, катушки электропневматических вентилей контакторов *П1—П6*, минус *110 В*.

Силовые контакты контакторов *П1—П6* подключают тяговые электродвигатели к выпрямительной установке *ВУ*, а блокировочные создают цепь питания катушки *РУ5*. Одна пара замыкающих контактов *РУ5* подает питание катушкам контакторов *ВВ*, *КВ* и реле *РУ11* от контактов *РУ1*. Вторая совместно с контактами контактора *КВ* шунтирует контакты *РУ8*, размыкающиеся на 2-й позиции контроллера. Это обеспечивает переход из режима холостого хода в тяговый только на 1-й позиции. Замыкающие контакты реле *РУ5* шунтируют резистор *RЗ* узла *ССУ2*, что повышает напряжение генератора в тяговом режиме, — тепловоз приводится в движение.

При переводе штурвала контроллера на 2-ю позицию получают питание катушки электромагнитов *МР1* и *МР4*, частота коленчатого вала дизеля увеличится и вызовет увеличение напряжения *СВ* и *I*.

Одновременно обеспечится питание катушки реле *РУ8*, размыкающие контакты его отключат резистор *СНП*, в узле *ССУ2* это дополнительно увеличит напряжение тягового генератора.

На 4-й позиции контроллера контактор аварийного возбуждения генератора *КАВ* шунтирует в цепи обмотки возбуждения *СВ* добавочный резистор *R*. При переводе штурвала контроллера с 5-й позиции по 15-ю мощность генератора увеличивается только за счет увеличения частоты вращения коленчатого вала дизеля. Последовательность включения электромагнитов *МР1—МР4* легко проследить по схеме.

Кнопка маневрового режима *КМР* используется при въезде под экипировочные устройства, подъезде к составу, к смотровой канаве и др. В этом случае схема тягового режима собирается на нулевой позиции аналогично переводу штурвала контроллера на 1-ю позицию.

Цепи реле переходов. Катушки напряжения реле переходов включены на напряжение *ВУ* через добавочные резисторы, а токовые — в цепь выпрямительных мостов трансформаторов постоянного тока *ТПТ*. Реле управляют групповыми контакторами ослабления возбуждения соответственно *ВШ1* и *ВШ2*. При достижении скорости, примерно равной 35—45 км/ч, срабатывает реле перехода *РП1* и обеспечивает питание катушки электропневматического вентиля контактора *ВШ1* по цепи: контакты контроллера машиниста (2-я сверху пара), тумблер управления переходом *ТУП*, контакты *РП1*, катушки вентиля *ВШ1* и реле *РУ16*, минусовый зажим *110 В*.

Силовые контакты *ВШ1* подключают параллельно обмоткам возбуждения тяговых электродвигателей резисторы возбуждения (ослабления поля) *СШ1*. Блокировочные контакты вводят в цепь катушки напряжения *РП1* добавочный резистор, подготавливая реле к переходу на полное поле (отключение), и подключают катушку напряжения *РП2* к *ВУ*. Это гарантирует требуемую последовательность включения реле.

При увеличении скорости движения до 55—65 км/ч срабатывает реле *РП2* и включает *ВШ2*. Силовые контакты *ВШ2* подключают резисторы *СШ2*, а блокировочные вводят в цепь катушки напряжения *РП2* добавочный резистор, подготавливая реле к обратному переходу на первую ступень ослабления поля. Характеристики срабатывания *РП1* и *РП2* устанавливаются регулировочными резисторами *СРПН1-2* и *СРПН-2*, а отпадания — резисторами *СРПН1-1* и *СРПН2-2*. Тумблер *ТУП* служит для отключения схемы ослабления возбуждения в случае неисправности реле *РП1* или *РП2*, контакторов *ВШ1* или *ВШ2* или их цепей.

Защита дизеля от понижения давления масла в масляной системе. Если при пуске дизеля маслопрокачивающий насос не создает давления 10—30 кПа, то *РДМ3* не замкнет свои контакты, *БПД* не получит питания и пуск дизеля не осуществится. Если давление масла в лотке работающего дизеля станет меньше 50 ± 10 кПа, то контакты реле *РДМ4* отключают *РУ9* и *РУ10*, а следовательно, размыкается цепь питания электромагнита *МР6* и дизель останавливается. Нормальное давление масла в системе работающего дизеля — более 100 кПа. Если давление масла на входе в дизель менее 70 ± 25 кПа, то на пульте управления машиниста загорается сигнальная лампа *ЛДМ* «Давление масла».

При переходе на высшие позиции контроллера и достижении давления масла на входе в дизель 300 ± 25 кПа включается *РДМ2*. Если на позициях контроллера выше 11-й не обеспечивается указанное давление, то контакты *РДМ2* не замкнутся, а разомкнувшиеся на 12-й позиции контакты *РУ4* обеспечат сброс нагрузки с тягового генератора (отключат реле *РВ3*, контакторы *КВ* и *ВВ*). О сбросе нагрузки сигнализирует лампа *ЛН1* «Сброс нагрузки» на пульте машиниста.

Защита дизеля от перегрева воды и контроль температуры масла дизеля производятся термореле воды и масла *ТРВ* и *ТРМ*, обеспечивая сброс нагрузки генератора и перевод его в режим холостого хода с возбуждением. При температуре воды 95°С срабатывает реле *ТРВ*; реле *ТРМ* срабатывает при температуре масла на входе в дизель до 85°С.

Снижение давления воздуха в тормозной магистрали. При уменьшении давления до 270—290 кПа (обрыв тормозной магистрали поезда, экстренное торможение) сработает реле давления воздуха *РДВ* и прервет цепь питания реле *РВ3*. При этом размыкается цепь катушек контакторов *П1—П6*, *ВВ* и *КВ*, т. е. снимается возбуждение *Г* в тяговом режиме. На пульте машиниста загорается лампа *ЛН1*, генератор переходит в режим холостого хода.

Замыкание контактов *РДВ* происходит при давлении воздуха больше 500 кПа. Этим предотвращается выезд тепловоза при пониженном давлении воздуха в тормозной магистрали после полной ее разрядки.

Повышение давления масляных паров в картере дизеля. Замыкание контактов дифференциального манометра *КДМ* собирает цепь катушки реле *РУ7*. Замыкающие контакты реле *РУ7* обеспечивают самопитание катушки от автомата *А4*, размыкающие контакты прекращают питание катушки контактора *КТН*, который отключает вспомогательный топливный насос *ТН* и электромагнит *МР6* объединенного регулятора частоты вращения вала дизеля, что приводит к его остановке.

Понижение уровня охлаждающей воды. В расширительном баке установлен контакт реле уровня воды *РУВ*, который замыкается при понижении уровня воды. При этом подается питание на сигнальную лампу *ЛУВ* «Уровень воды» на пульте управления.

Защита тяговой цепи при повреждении изоляции. Один вывод катушки *РЗ* соединен с корпусом (массой) тепловоза, другой — через резистор *СРЗ* и выключатель *РВЗ* с минусом *ВУ*. Реле срабатывает при нарушении изоляции тяговой цепи, круговом огне на коллекторах тяговых машин и коротких замыканиях в них и др. После срабатывания *РЗ* фиксируется во включенном положении механической защелкой. Размыкающие контакты *РЗ* разрывают цепь питания катушек *ВВ* и *КВ*, и тем самым снимается возбуждение и нагрузка с тягового генератора.

Защита выпрямительной установки ВУ. Реле максимального тока *РМ1* защищает *ВУ* от токов внешнего короткого замыкания и перегрузки. При увеличении тока *ВУ* растет ток рабочих обмоток *ТПТ1—ТПТ3*, а следовательно, и ток катушки реле *РМ1*. Когда ток достигнет определенного значения, *РМ1* включится, его замыкающие контакты обеспечат питание катушки *РУ2*. Оно включается и своими контактами отключает контакторы *ВВ* и *КВ*, снимая нагрузку.

От внутренних коротких замыканий *ВУ* защищает реле *РМ2*, включенное в цепь нулевых точек звезд тягового генератора. При пробое силовых вентилях по катушке *РМ2* потечет ток реле, *РМ2* включится и зафиксируется в этом положении механической защелкой, а его размыкающие контакты отключат контакторы *ВВ* и *КВ* — произойдет сброс нагрузки.

Тяговые электродвигатели и *ВУ* от перегрева при повреждении вентиляторов охлаждения защищены автоматическими выключателями *АВУ*, *1АТ*, *2АТ*, которые главными размыкающими контактами отключают соответствующий электродвигатель, а блокировочными размыкающими контактами обесточивают катушки *ВВ*, *КВ* и *РВЗ*. Тяговый генератор переходит в режим холостого хода с возбуждением. Одновременно другие блокировочные контакты замыкают цепь сигнальной лампы *ЛО* «Охлаждение *ВУ*, *ТЭД*» на пульте управления машиниста. При повреждении асинхронных электродвигателей вентиляторов *1МТ* или *2МТ* охлаждения тяго-

вых двигателей передней или задней тележки необходимо выключить соответствующий тумблер *ОТ1* или *ОТ2*. Размыкающие контакты тумблеров *ОТ1* или *ОТ2* в цепи отключателей тяговых двигателей *ОМ1—ОМ6* отключают поездные контакторы соответствующей тележки, замыкающие контакты шунтируют контакты *1АТ* и *2АТ* в цепи контакторов *ВВ* и *КВ*, что дает возможность продолжать работу в тяговом режиме, но на трех электродвигателях (аварийный режим).

Действие противобоксовочной защиты. На тепловозах 2ТЭ116 применено комплексное противобоксовочное устройство. На первых выпусках тепловозов 2ТЭ116 установлен блок боксования ББ-320, т. е. на каждую пару электродвигателей включается реле боксования, которое срабатывает в зависимости от разности токов боксующей и небоксующей колесной пары.

Начиная с 1977 г. на тепловозах устанавливаются диодный блок сравнения БДС и два реле боксования *РБ1* и *РБ2*, работа которых аналогична описанной на с. 140 для тепловозов 2ТЭ10В.

При срабатывании реле боксования отключается реле *РУ11* и включается реле *РВ4* и звуковой сигнал боксования. При этом *РУ11* включает резистор *Р2* в узле задания *ССУ2*, что уменьшает напряжение задания, а следовательно, и напряжение тягового генератора. Если тепловоз работает с мощностью выше 4-й позиции, то замыкающие контакты *РУ11* дополнительно уменьшают напряжение *Г* за счет снижения напряжения *СВ* (отключается контактор *КАВ* и вводится резистор *Р*). Реле *РВ4* контактами с выдержкой времени на размыкание включает электромагнит *МР5*, который принудительно перемещает сердечник индуктивного датчика в положение минимальной мощности; тем самым исключает воздействие регулятора дизеля на возбуждение *Г* при боксовании.

После прекращения боксования реле *РБ* отключается. Восстановление мощности происходит ступенчато: сначала возрастает до прежнего значения напряжение задания и напряжение фазы *СВ*, затем с выдержкой времени в 1—1,5 с *РВ4* отключает электромагнит *МР5*, вводя в действие регулятор мощности дизеля. Для предотвращения боксования колесных пар или при движении в тоннелях, кривых, при трудных метеорологических условиях для повышения коэффициента сцепления машинист может подавать песок под колеса тепловоза, используя песочницы переднего и заднего хода, управляемые электропневматическими вентилями *1КП1*, *1КП2*, *2КП1* и *2КП2*. При движении вперед песок подается под первую и четвертую колесные пары, при движении назад — под третью и шестую. Управление вентилями осуществляется ножной педалью *КН*. Предусмотрена подача песка только под первую колесную пару как наиболее склонную к боксованию. Для этого используют кнопку подачи песка *КПП*, расположенную на пульте управления.

Аварийный режим возбуждения тягового генератора. При повреждении элементов системы автоматического регулирования возбуждения тягового генератора ее отключают и переходят на ава-

рийное возбуждение. Для этого переключатель *АП* ставят в положение «Аварийное» (замкнуты правые контакты). В этом положении *АП* тиристоры управляемого моста *УВВ* шунтируются перемычкой переключателя *АП*, установленной между нижними подвижными контактами. Обмотка возбуждения *Г* будет получать питание через неуправляемый мост. Следовательно, ток возбуждения и напряжение тягового генератора на каждой позиции контроллера машиниста будет постоянным.

Вследствие индуктивной нагрузки (тяговые электродвигатели) *Г*, сильного действия реакции якоря и падения напряжения внешняя характеристика тягового генератора на аварийном режиме будет резко падающей. Поэтому противобоксовочные свойства тепловоза 2ТЭ116 при аварийном режиме возбуждения будут хуже, чем при нормальном.

У тепловозов с тяговыми генераторами постоянного тока, как, например, 2ТЭ10Л, при аварийном режиме напряжение *Г* почти не меняется. Напряжение *СВ* при аварийном режиме уменьшается за счет введения в цепь возбуждения добавочного резистора *СAB*. Для плавного разгона тепловоза на первых трех позициях контроллера в цепи обмотки возбуждения *СВ* включен резистор *R*, шунтируемый на 4-й позиции контроллера контактами контактора *КАВ*.

Работа тепловоза при отключении тягового двигателя. Поврежденный тяговый двигатель отключают, и работа тепловоза продолжается на оставшихся пяти двигателях. Отключение неисправного электродвигателя осуществляется соответствующим тумблером (отключателем) *ОМ1—ОМ6* на нулевой позиции контроллера. При отключении одного из тумблеров происходят следующие изменения в цепях: прерывается цепь катушки соответствующего поездного контактора *П1—П6*; шунтируются замыкающие контакты этого контактора контактами *ОМ* в цепи катушки *РУ5*; шунтируется резистор *СИД* контактами *ОМ* (вследствие чего уменьшается мощность *Г*) с тем, чтобы не перегрузить оставшиеся в работе электродвигатели.

Аварийная остановка дизель-генератора. Кратковременное нажатие на кнопку *КА* «Аварийный стоп» при возникновении аварийной ситуации останавливает дизель-генератор. Через замыкающий контакт кнопки *КА* подается питание катушкам электропневматического вентиля тифона *ВТ*, предельного выключателя дизеля *ВА* и реле *РУ3*. Включившись *РУ3* своими замыкающими контактами становится на самопитание и удерживает во включенном состоянии вентиль *ВА*, который выбивает предельный выключатель, отключающий топливные насосы, и дизель останавливается.

Размыкающие контакты реле *РУ3* обесточивают катушку *ЭПК* локомотивной сигнализации, вследствие чего происходит экстренное торможение поезда. Замыкающие контакты *РУ3* обеспечивают питание катушкам вентилей клапанов песочниц *1КП1* и *2КП2* или *1КП2* и *2КП1* в зависимости от направления движения. Это позволяет уменьшить тормозной путь и предотвратить юз колес тепловоза. Другие замыкающие контакты *РУ3* включают *РУ7*, что вызыва-

ет остановку топливopодкачивающего насоса *ТН* и разборку цепей управления.

Вследствие указанных переключений происходит остановка дизелей обеих секций, экстренное торможение всего поезда с подачей песка под колесные пары тепловоза и включение звукового сигнала.

Защита локомотивных и ремонтных бригад от высокого напряжения. Контакты конечных выключателей дверей *БД2—БД9* и *БВУ* защищают обслуживающий персонал от высокого напряжения. При нарушении правил технической безопасности или случайном открытии дверей высоковольтных камер или шкафа выпрямительной установки без снятия напряжения тягового генератора оно будет снято автоматически, так как прервется цепь питания контакторов *ВВ*, *КВ* и *РУ11*, при этом загорится сигнальная лампа *ЛН* «Сброс нагрузки».

ГЛАВА VII

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

36. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Критерий выполнимости тяговых генераторов постоянного тока.

Перед локомотивостроением поставлена задача повышения мощности тепловозов и увеличения их скоростей. Повышение мощности тепловозов требует уменьшения массы локомотива на единицу мощности, и наша промышленность сделала в этом направлении очень многое. Достаточно сказать, что с начала выпуска первых послевоенных тепловозов масса на единицу мощности снижена почти в 3 раза. Снижение массы достигнуто путем усовершенствования конструкции тепловоза в целом и его отдельных агрегатов. Немалую роль сыграло снижение массы электрических машин, которое обусловлено улучшением конструкции, повышением электрической и магнитной нагрузок и увеличением частоты вращения. Увеличение объема перевозок предъявляет повышенные требования к тепловозам в отношении надежности и уменьшения расходов на содержание и ремонт.

Как отмечалось выше, электрическая передача большинства тепловозов, находящихся в эксплуатации, выполнялась на машинах постоянного тока, так как свойства тяговых электродвигателей и генераторов постоянного тока обеспечивают хорошие тяговые характеристики тепловозов. Дальнейшее повышение мощности дизелей до 2940—4400 кВт требует создания мощных тяговых генераторов. Изготовление генераторов постоянного тока ограничено требованием сочетания мощности и частоты вращения, которые определяются условиями коммутации и нагревания.

Работами научно-исследовательского института тяжелого электромашиностроения (НИИТЭМ) установлен критерий выполнимости для тяговых генераторов, имеющих двухходовую петлевую обмотку якоря. Критерий выполнимости представляет собой произведение расчетной мощности на частоту вращения якоря, которое не должно превышать определенного значения $P_{\text{рл}} < 3 \cdot 10^6$ кВт·об/мин. Здесь расчетная мощность $P_{\text{р}} = P_{\text{н}} K_{\text{р}} = I_{\text{н}} U_{\text{мах}}$, где $P_{\text{н}}, I_{\text{н}}$ — мощность и ток при номинальном режиме; $K_{\text{р}}$ — коэффициент регулирования генератора, $U_{\text{мах}}$ — максимальное напряжение тягового генератора. При частоте вращения коленчатого вала дизеля 1000 об/мин и $K_{\text{р}} = 1,5$ предельная мощность генератора равна 2000 кВт.

Заводом «Электротяжмаш» создан опытный генератор постоянного тока мощностью 2700 кВт при 1000 об/мин, но добиться удовлетворительной коммутации, небольших размеров и массы было очень трудно. Нельзя не учитывать, что чем ближе расчетные

нагрузки к предельным, тем чаще происходят нарушения коммутации в тяжелых условиях эксплуатации. Необходимо отметить, что генераторы постоянного тока даже для тепловозов мощностью 2210 кВт получаются с весьма высокими критериями выполнимости и обеспечить их надежную работу в эксплуатации затруднительно. Поэтому при повышении мощности тепловоза, приходящейся на одну секцию, необходимо использовать машины переменного тока.

Генераторы переменного тока, помимо исключения проблемы коммутации в скользящем контакте, обладают большей надежностью и требуют меньших эксплуатационных расходов, так как отсутствуют коллектор и сложные изоляционные конструкции на якоре, а также сборка и разборка их проще, чем генераторов постоянного тока. Существенно также снижена масса генератора переменного тока из-за отсутствия коллектора и повышения электромагнитных нагрузок. Следовательно, экономия в массе и стоимости генератора переменного тока по сравнению с генератором постоянного тока достигается главным образом за счет снижения расходов на дорогостоящие коллекторную медь и электротехнические стали. Кроме того, генераторы переменного тока могут быть построены на более высокие частоты вращения, что уменьшает массу дизель-генераторной установки.

В 1967 г. Ворошиловградским тепловозостроительным заводом им. Октябрьской революции был начат выпуск тепловозов с передачей переменного-постоянного (ППТ) тока типа ТЭ-109. Электрическая передача разработана НИИТЭМ, а оборудование ее изготовлено заводом «Электротяжмаш», за исключением выпрямительной установки, поставляемой Таллинским электротехническим заводом. На тепловозах ТЭ109 установлены тяговые синхронные генераторы типа ГС-501 мощностью 2190 кВт, выпрямительная установка УВКТ-2, тяговые электродвигатели ЭД-107А. Эксплуатация тепловозов типа ТЭ109 подтвердила преимущества нового типа передачи. Силовая схема электрической передачи и ее система автоматического регулирования могут быть применены практически на всех тепловозах мощностью 880—2940 кВт. Это открывает широкие возможности для унификации электрических машин и аппаратов.

Необходимость установки на этих тепловозах выпрямительной установки несколько уменьшает преимущества синхронного генератора. Однако использование лавинных полупроводниковых вентилей и силовых вентилей высокого класса и на большие токи (до 1500 А) позволит значительно уменьшить габариты, массу, потери мощности и стоимость выпрямительной установки.

Наибольшая мощность тепловозных тяговых электродвигателей постоянного тока для опорно-осевой подвески при диаметре колеса 1050 мм по допустимым электрическим и магнитным перегрузкам составляет примерно 450 кВт, а предельная частота вращения якоря по условиям обеспечения нормальной коммутации — 2200—2300 об/мин. Такие параметры приближаются к предельным для тепловозов секционной мощностью 2910 кВт.

Более надежные тяговые электродвигатели постоянного тока для мощных грузовых тепловозов предусматривается изготовить для диаметра колесной пары 1250 мм вместо существующего 1050 мм. Это позволит увеличить диаметр якоря до 660 мм, при шестиполюсном исполнении двигателей. Такие электродвигатели могут работать на тепловозах мощностью 4420 кВт и на более мощных, если применить компенсационную обмотку и новый вид изоляции — полиимидную пленку.

Требования, предъявляемые к источнику энергии собственных нужд. На современных и перспективных тепловозах появились новые потребители энергии для собственных (вспомогательных) нужд, такие, как электропривод компрессора и вентиляторов охлаждения, питание устройств автоматики независимого возбуждения тяговых электродвигателей, электрический обогрев и др.

Каждый из этих потребителей предъявляет определенные требования к источнику электрической энергии по напряжению и частоте. Это приводит к установке на тепловозе нескольких вспомогательных источников электрической энергии. Так, например, на тепловозах 2ТЭ10Л для питания цепей управления, освещения и заряда батарей используется вспомогательный генератор постоянного тока; для возбуждения тягового генератора — возбудитель постоянного тока, а для питания автоматики служит машина переменного тока — синхронный подвозбудитель.

На тепловозах 2ТЭ116 в дополнение к этим источникам для питания привода вентиляторов охлаждения используется и тяговый синхронный генератор. В этом случае нельзя обеспечить оптимальный режим работы асинхронных двигателей при переменной частоте. Оптимальный режим работы асинхронных электродвигателей обеспечивается при выполнении условия $U/f = \text{const}$, т. е. при изменении частоты необходимо менять питающее напряжение таким образом, чтобы отношение этих величин поддерживалось постоянным. Невыполнение этого условия приводит к снижению к.п.д., надежности, увеличению габаритов и массы электродвигателей.

Установка нескольких вспомогательных источников электрической энергии увеличивает количество генераторов и приводов к ним, а это усложняет конструкцию и компоновку оборудования на тепловозе. К источнику постоянного тока предъявляются определенные требования. Тяговые электрические аппараты должны устойчиво работать при изменении напряжения от 0,7 до 1,1 номинального. Освещение допускает изменение напряжения на $\pm 2\%$, цепи управления — на $\pm 3\%$. Таким образом, этим потребителям необходим источник энергии, напряжение которого изменяется в небольших пределах. Для питания обмоток возбуждения тягового генератора и электродвигателей необходимо изменять напряжение от нуля до максимального значения при практически неизменном сопротивлении. Напряжение заряда аккумуляторной батареи может изменяться на $\pm 10\%$ номинального значения при постоянной нагрузке. Напряжение, подводимое к электродвигателю привода компрессора, должно регулироваться от нуля до номинального зна-

чения в широком диапазоне изменения нагрузки. Это диктуется тем, что при включении электродвигателя компрессора на номинальное напряжение возникают большие динамические нагрузки.

Основной нагрузкой источника переменного тока являются асинхронные электродвигатели привода вентиляторов. Подача вентиляторов регулируется отключением электродвигателей, поэтому для улучшения разгонных характеристик предъявляются определенные требования к динамическим характеристикам источника.

Устройства автоматики — магнитный усилитель, трансформатор постоянного тока и напряжения, трансформатор, датчики частоты и перемещения — питаются переменным током при выполнении условия $U/f = \text{const}$. Питающее напряжение этих устройств легко устанавливается с помощью распределительных трансформаторов. Такие устройства автоматики, как радиостанция, локомотивная сигнализация, некоторые полупроводниковые и особенно перспективные полупроводниковые устройства, требуют для питания постоянное напряжение с различной частотой. Это не позволяет унифицировать источник питания для этих устройств, и так как они имеют малую мощность, то, как правило, питаются от индивидуальных статических преобразователей.

Наиболее полно можно удовлетворить требования, предъявляемые к источникам питания вспомогательных нагрузок тепловозов, используя схему, представленную на рис. 160. Привод синхронного генератора собственных нужд осуществляется от дизеля. На перспективных тепловозах он выполняется в одном агрегате с тяговым синхронным генератором (двухмашинный тяговый агрегат, см. с. 37). Напряжение генератора собственных нужд регулируется по закону $U/f = \text{const}$.

От обмотки статора получают питание асинхронные электродвигатели *A* привода вспомогательных механизмов. Потребители постоянного тока получают питание также от обмоток статора через управляемые выпрямители возбуждения *УВВ1—УВВ2* или через неуправляемый выпрямитель *В*. Напряжение *УВВ1* и *УВВ2* регулируется для создания требуемых характеристик тягового генератора и генератора собственных нужд. Выпрямитель *В* может использоваться для питания цепей управления и для заряда аккумуляторной батареи.

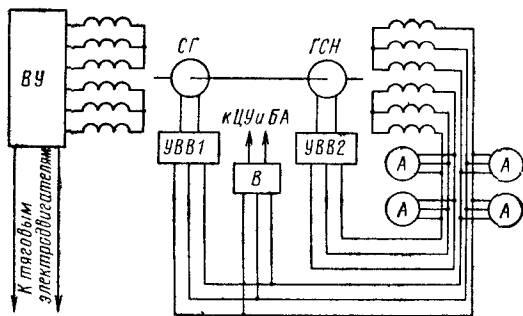


Рис. 160. Схема питания вспомогательных нагрузок тепловоза от синхронного генератора собственных нужд:

В — неуправляемый выпрямитель; *УВВ* — управляемый выпрямитель; *СГ* — тяговый синхронный генератор; *ГСН* — генератор собственных нужд; *ВУ* — выпрямительная установка; *А* — асинхронный электродвигатель

Такая система питания вспомогательных нагрузок обеспечивает оптимальные условия питания асинхронных электродвигателей приводов вспомогательных механизмов (увеличивает их к.п.д. и уменьшает габариты и массу), индивидуальное питание потребителей постоянного тока, упрощает привод и повышает к.п.д. самого генератора собственных нужд.

Синхронный генератор собственных нужд *ГСН* обычно выполняется с самовозбуждением и двумя статорными трехфазными обмотками, используемыми для питания обмоток возбуждения машин тягового агрегата и потребителей собственных нужд тепловоза (на пассажирских тепловозах — для энергоснабжения поезда). Самовозбуждение на *ГСН* уменьшает количество машин.

37. ПЕРЕДАЧИ НОВЫХ ТЕПЛОВОЗОВ

Тепловоз 2ТЭ121. В 1977 г. Ворошиловградским тепловозостроительным заводом был выпущен двухсекционный грузовой тепловоз с дизелем мощностью 2940 кВт и электрической передачей переменного-постоянного тока. Электрическое оборудование передачи изготовлено харьковским заводом «Электротяжмаш», а выпрямительная установка — Таллинским электротехническим заводом.

Тяговые электродвигатели питаются от тягового синхронного генератора *СГ* через выпрямительную установку *ВУ*, имеющую два трехфазных моста, соединенных на выходе параллельно. Соединение двигателей параллельное, с двумя ступенями изменения коэффициента возбуждения — 56 и 42%. Для уменьшения размеров и массы на тепловозе применен тяговый агрегат А-714У2, включающий в себя тяговый синхронный генератор и генератор собственных нужд *ГСН* (см. рис. 28). Агрегат имеет следующие основные параметры:

	Генератор тяговый	Генератор собственных нужд
Мощность, кВт	2800 580*	630
Напряжение линейное, В	366	400
Ток линейный, А	$\frac{2 \times 1520}{2 \times 2400}$	2×570
К. п. д., %	95	91
Частота вращения, об/мин	1000	1000

* Числитель — максимальное, знаменатель — при продолжительном режиме.

Система регулирования возбуждения *СГ* в тяговом режиме производится по трем каналам: напряжения, тока и мощности (рис. 161). Датчиком сигнала обратной связи по напряжению *СГ* является трехфазный трансформатор *ТН*, включенный на одну из

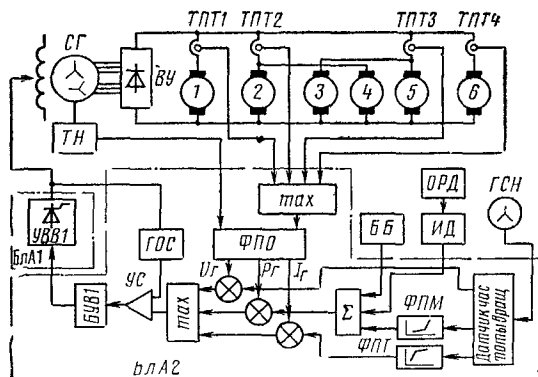


Рис. 161. Функциональная схема системы автоматического регулирования электрической передачи тепловоза 2ТЭ121:

1—6 — электродвигатели; СГ — синхронный генератор; ГСН — генератор собственных нужд; ВУ — выпрямительная установка; УВВ1 — управляемый выпрямитель возбуждения СГ; БУВ1 — блок управления возбуждением СГ; тах — блок выделения максимального сигнала; Σ — суммирующий блок; БЛА1, БЛА2 — блоки А1 и А2; ОРД — объединенный регулятор дизеля

звезд генератора. Вторичное напряжение выпрямляется трехфазным мостом. Токи пар тяговых электродвигателей измеряются трансформаторами постоянного тока ТПТ1—ТПТ4.

Для получения одинакового уровня выходного сигнала коэффициенты трансформации трансформаторов ТПТ1, ТПТ4 и ТПТ2, ТПТ3 отличаются в 2 раза. При помощи схемы выделения тах в систему регулирования поступает наибольший ток тягового электродвигателя, что обеспечивает стабилизацию напряжения генератора при боксовании (динамические жесткие характеристики) колесных пар.

Выходные сигналы по току и напряжению тягового генератора поступают к функциональному преобразователю ФПО, с выхода которого снимаются в виде падений напряжения сигналы по напряжению, току и мощности (сумма сигналов по I_r и U_r). Соотношение величин U_r и I_r может дискретно (ступенчато) изменяться. В результате регулирования мощности при неизменном сигнале уставки производится по ломаной линии, состоящей из трех отрезков. Это обеспечивает хорошее приближение селективной внешней характеристики к гиперболической.

Датчик частоты вращения коленчатого вала дизеля, питающийся от обмотки ГСН, и индуктивный датчик регулятора мощности дизеля ИД используются как датчики уставки. Функциональное преобразование сигналов по частоте вращения вала дизеля по каналам P_r и I_r осуществляется при помощи функциональных преобразователей мощности ФПМ и тока ФПТ. В канал регулирования мощности вводится корректирующий сигнал уставки от ИД. Поэтому на данной частоте вращения вала дизеля обеспечивается соответствие мощности генератора и свободной мощности дизеля.

В канал регулирования мощности вводится отрицательный сигнал защиты от боксования колесных пар (блок ББ). Избирательность действия каналов регулирования обеспечивается схемой выделения тах сигнала рассогласования. Каждый канал вступает в работу при превышении сигнала обратной связи над сигналом уставки.

Выходной сигнал рассогласования по каждому каналу через усилитель *УС* и блок управления *БУВ1* управляет тиристорным преобразователем возбуждения тягового генератора *УВВ1*, уменьшая ток возбуждения *СГ* при увеличении сигнала обратной связи. Возбуждение генераторов тягового агрегата осуществляется от обмоток статора генератора собственных нужд через индивидуальные управляемые выпрямители (тиристорные преобразователи), выполненные по трехфазной несимметричной мостовой схеме с нулевыми диодами (рис. 162). Тиристорные преобразователи имеют независимую вентиляцию.

В цепи возбуждения тягового генератора имеется резервный блок, подключаемый параллельно работающему на стороне постоянного тока, но при снятых управляющих импульсах. Резервный блок включается в работу переключением штепсельного разъема блока *БлА1*. Обмотки возбуждения генераторов *СГ* и *ГСН* подключаются к преобразователям контакторами возбуждения *ВГ1* и *ВГ2*. Тиристорные преобразователи от токов короткого замыкания защищены быстродействующими предохранителями, включенными в цепь питания.

Поскольку *ГСН* работает с самовозбуждением, то для первоначального возбуждения его обмотка ротора (возбуждения) кратковременно (примерно на 5 с) подключается к напряжению аккумуляторной батареи *У_{БА}* через вспомогательные контакторы *КПВ* и балластный резистор *РБ*.

Особенностью выпрямительной установки типа *УВКТ-7*, используемой на данном тепловозе, является наличие двух размещенных в одном шкафу выпрямителей — тягового генератора *ВУ1* и генератора энергоснабжения *ВУ2*. Каждое плечо трехфазного моста *ВУ1* состоит из 10 ветвей; в каждой ветви по два последовательно соединенных вентиля. Техническая характеристика установок *УВКТ-7* следующая:

	ВУ1	ВУ2
Номинальная мощность, кВт	6200	800
Номинальное выпрямленное напряжение, В	1000	3000
Номинальный выпрямленный ток, А	6200	350
Ток максимальный в течение 5 мин, А	8700	—
К. п. д. (расчетный), %	99,3	99
Количество вентиля, шт.	240	48
Расход охлаждающего воздуха, м ³ /с	1,4	1,4
Масса, кг	800	
Габаритные размеры, мм:		
высота	1400	
длина	1315	
ширина	700	

В цепях управления тепловоза предусмотрено отключение возбуждения, т. е. снятие нагрузки с генераторов *СГ* и *ГСН* при срабатывании реле защиты дизеля по температуре воды и масла, по давлению масла, при открытии дверей высоковольтной камеры и выпрямительных установок. С тягового генератора *СГ* снимается

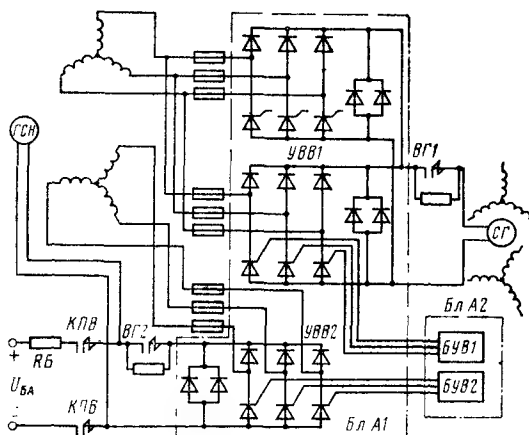


Рис. 162. Схема возбуждения тягового агрегата тепловоза 2ТЭ121:

СГ — тяговый синхронный генератор; ГСН — синхронный генератор собственных нужд; БУВ1, БУВ2 — блоки управления возбуждением СГ и ГСН; УВВ1, УВВ2 — управляемые выпрямители возбуждения СГ и ГСН; ВГ1, ВГ2 — контакторы возбуждения СГ и ГСН; КПВ — контакторы подвозбуждения ГСН; РБ — балластный резистор; $U_{БА}$ — напряжение аккумуляторной батареи.

нагрузка также при уменьшении давления в тормозной магистрали при экстренном торможении. В САР возбуждения СГ и ГСН используются унифицированные бесконтактные узлы.

На тепловозе 2ТЭ121 применяется тяговый электродвигатель постоянного тока, некомпенсированный типа ЭД-126-У1, имеющий следующие основные параметры:

Мощность	406 кВт
Напряжение	510/750 В
Ток	880/600 А
Частота вращения	527/1815 (1890) об/мин
К. п. д.	90 %
Вращающий момент.	7350 Нм
Масса	3600 кг

У электродвигателя 6 главных и 6 добавочных полюсов, остов круглой формы. Изоляция обмоток главных и добавочных полюсов класса F (монокит 2), обмотки якоря — класса H (полиимид). Катушки главных и добавочных полюсов выполнены из шинной меди и намотаны на тонкое ребро. Обмотка якоря простая петлевая с уравнительными соединениями. Шаги обмотки: $y_1=51$; $y_2=50$; $y_k=1$. Диаметр якоря равен 660 мм. Схема соединения тяговых электродвигателей параллельная с двумя ступенями ослабления поля — 56 и 42 %. На тепловозе предусмотрено централизованное воздухообеспечение электрических машин. Забор воздуха осуществляется с боковых стенок кузова через кассеты воздухоочистки.

Привод вспомогательных нагрузок электрический, выполненный по схеме, приведенной на рис. 160. Предусмотрено также электрическое торможение, обеспечивающее автоматическое регулирование скорости при подтормаживании тепловоза на уклонах.

Тепловоз ЭП75. В 1976 г. Коломенским тепловозостроительным заводом построен пассажирский тепловоз с дизелем мощ-

ностью 4400 кВт (6000 л. с.) и электрической передачей переменного тока (рис. 163). Тяговые электродвигатели питаются от синхронного тягового генератора через выпрямительную установку, имеющую два трехфазных моста, соединенных на выходе последовательно.

Электродвигатели соединены параллельно и имеют одну ступень ослабления возбуждения — 60%. На тепловозе установлен тяговый агрегат А-713У2, состоящий из синхронного тягового генератора и генератора энергоснабжения. Конструкция агрегата А-713У2 подобна представленной на рис. 28.

Возбуждение тягового генератора осуществляется от генератора энергоснабжения с самовозбуждением, что позволило исключить возбуждательный агрегат. Схема возбуждения генераторов тягового агрегата подобна представленной на рис. 162. Генератор энергоснабжения ГЭН имеет две обмотки статора: основную, состоящую из двух трехфазных звезд, сдвинутых на 30° эл., которая используется для энергоснабжения поезда, и вспомогательную трехфазную обмотку, предназначенную для питания цепей возбуждения тягового генератора СГ и генератора энергоснабжения.

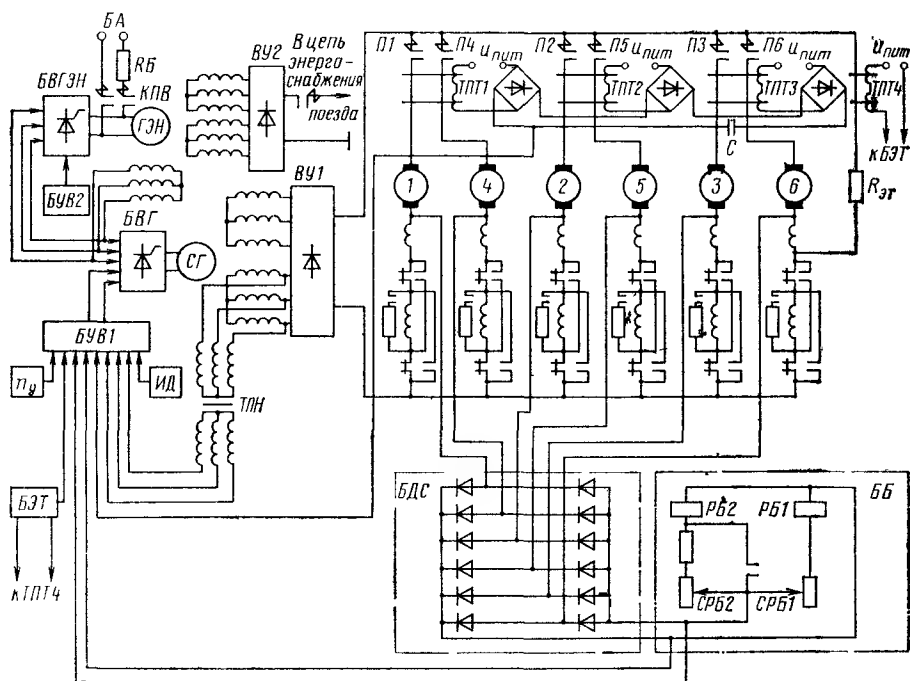


Рис. 163. Принципиальная схема электрической передачи пассажирского тепловоза ТЭП75:

СГ — тяговый генератор; ГЭН — генератор энергоснабжения; ВУ1, ВУ2 — выпрямительные установки; БВГ, БВГЭН — блоки возбуждения; БУВ1, БУВ2 — блоки управления возбуждением; БДС — блок диодного сравнения; ББ — блок боксования; П1-П6 — контакторы силовые; ТПТ1-ТПТ4 — трансформаторы постоянного тока; ТПН — трансформатор напряжения; 1-6 — тяговые электродвигатели

Каждая звезда основной обмотки статора ГЭН включена на трехфазный мост выпрямительной установки ВУ2; мосты на выходе соединены последовательно. Такая схема обеспечивает 12-кратную частоту пульсаций выпрямительного напряжения по отношению к частоте питания. Минусовый провод заземлен, а плюсовый подключен к поездной цепи через силовой контактор. Защита по минимальному напряжению срабатывает при напряжении ниже на 40 % от $U_{\text{ЭН}} = 3000$ В. Защита по максимальному напряжению срабатывает при $U_{\text{ГЭН}} = 1,2 U_{\text{ГЭН}}^{\text{н}}$, при этом снимается нагрузка (отключается контактор возбуждения).

Регулирование генератора энергоснабжения производится по трем каналам: току возбуждения и энергоснабжения и напряжению генератора (по вспомогательной обмотке). Напряжение генератора имеет постоянное значение при частотах вращения, близких к номинальной. В зоне низких частот напряжение изменяется пропорционально частоте вращения ротора ГЭН. При включенном энергоснабжении поезда напряжение энергоснабжения поддерживается в заданных пределах $3000 \text{ В} \pm 20\%$. Параметры синхронного генератора энергоснабжения:

Мощность	810/650 кВт
Напряжение	1160/968 В
Ток	$2 \times 125 / 2 \times 210$ А
Частота вращения	1100/693 об/мин
К. п. д.	0,92 %
Передаточное отношение	3,15

Следует отметить, что энергоснабжение поезда составляет значительную часть нагрузки дизеля и может колебаться в широких пределах в зависимости от количества вагонов и режима работы потребителей, от погоды и др. Это вызывает значительное колебание мощности дизеля, отдаваемой на тягу. Для обеспечения требуемой мощности и напряжения для цепей энергоснабжения должна быть повышена минимальная частота вращения вала дизеля. По опыту работы тепловоза В300 при включенном энергоснабжении диапазон частоты принят от $0,63 n_{\text{max}}$ до n_{max} . Кроме того, во избежание перегрузки дизеля должна быть снижена селективная характеристика, а диапазон регулирования мощности индуктивным датчиком расширен.

Тепловоз оборудован электрическим тормозом, описание которого приведено ниже. На тепловозе установлены тяговые электродвигатели типа ЭД-127 мощностью 685 кВт с номинальным током 900 А и частотой вращения 900 об/мин. Для пуска дизеля используется стартер-генератор 2ПСГ, выполняющий функции приводного устройства и получающего питание от аккумуляторной батареи емкостью 450 А·ч. Мощность стартер-генератора 55 кВт, напряжение 110 В, ток 500 А.

Тепловоз ТЭМ7. Людиновским тепловозостроительным заводом в 1975 г. был построен маневрово-вывозной восьмиосный тепловоз

ТЭМ7 мощностью 1470 кВт (2000 л. с.), с электрической передачей переменного тока и схемой автоматического регулирования возбуждения тягового генератора на тиристорах.

На тепловозе установлен тяговый синхронный генератор типа ГС-515 со следующими техническими параметрами:

Мощность	1310 кВт
Продолжительный режим высшего напряжения по внешней характеристике	270 В/2×1520 А
Продолжительный режим низшего напряжения	153 В/2×2700 А
Кратковременный режим максимального тока	2×3975 А
К. п. д.	95,5%
Частота	100 Гц

Статорная обмотка генератора также имеет две звезды со сдвигом в 30° эл. По конструкции генератор ГС-515 подобен синхронному генератору, описанному выше.

Тяговые электродвигатели ЭД-120, устанавливаемые на тепловозе, являются четырехполюсной машиной постоянного тока последовательного возбуждения с независимой вентиляцией и опорно-осевой подвеской. Конструктивное исполнение подобно рассмотренному выше, но электродвигатели имеют петлевую обмотку якоря с полным числом уравнивающих соединений. Витковая и корпусная изоляция обмотки якоря — полиимидная пленка. Проводники обмотки в пазу якоря уложены плашмя.

Сердечник якоря набран из штампованных листов электротехнической стали Э-1300 с повышенной магнитной проницаемостью. Межкатушечные соединения выполнены соединительными шинами, набранными в пакет из ленты МГМ и изолированными резиноклеолентой. Для крепления шин к остоу используются резиновые элементы. Основные данные двигателей следующие:

Мощность	135 кВт
Продолжительный режим высшего напряжения	350 В/468 А
Продолжительный режим низшего напряжения	193 В/850 А
Кратковременный режим максимального тока	122 В/1350 А
К. п. д.	82%
Передаточное отношение	4,41

На тепловозе применена двухмостовая выпрямительная установка УВКТ-8У2 с использованием лавинных вентилей ВЛ-200-8-Б; мосты соединены последовательно. Тяговые электрические машины, выпрямительная установка и аппараты охлаждаются от системы централизованного воздушоснабжения, что обеспечило более удобную компоновку агрегатов и уменьшило затра-

а от внутренних коротких замыканий (пробой плеча) — реле максимального тока, включенного между нулевыми точками звезд статорной обмотки.

Система автоматического регулирования возбуждения тягового генератора представляет собой замкнутую систему с обратными связями по току и напряжению. Независимая обмотка возбуждения *СГ* питается от возбудителя *В* через управляемый выпрямитель возбуждения *УВВ*. Вследствие влияния реакции якоря возбудителя при больших нагрузках его напряжение значительно уменьшается и может оказаться недостаточным для обеспечения нормального регулирования *СГ*. Кроме того, снижение напряжения отрицательно сказывается на работе блока задания возбуждения *БЗВ*, трансформаторов *ТПТ* и *ТПН*. Для компенсации реакции якоря введен узел коррекции *УА*.

На тепловозе предусмотрена возможность управления одним лицом со стороны машиниста или помощника. Для этого со стороны помощника машиниста имеются выносной и вспомогательный пульты. Выносной пульт дает возможность управлять контроллером машиниста (набирать или сбрасывать позиции). На нем имеется лампочка, сигнализирующая о нахождении контроллера в одном из рабочих положений. Вспомогательный пульт имеет манометры «Тормозная магистраль» и «Тормозные цилиндры», четыре кнопки и световое табло на шесть сигнальных ламп, сигнализирующих о ненормальном режиме на одной из секций.

38. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

Создание тяговых схем и совершенствование систем регулирования. Повышение секционной мощности тепловозов с увеличением тягового усилия при сравнительно небольшом увеличении нагрузки на ось требует паряду с совершенствованием экипажной части тепловоза внедрения опорно-рамной подвески, создания силовых схем и противобоксовочных систем, обеспечивающих высокие значения коэффициента использования сцепного веса.

По способу обнаружения системы защиты от боксования (*СЗБ*) делятся на косвенные и непосредственные. Косвенные используют сравнение токов или напряжений в цепях тяговых электродвигателей, а непосредственные требуют измерения частоты вращения колесных пар, для чего необходимо иметь соответствующие датчики.

В качестве датчиков используют бесконтактные тахогенераторы переменного тока, специальные обмотки на главных полюсах электродвигателей и др. Обеспечение надежной работы датчиков скорости в трудных эксплуатационных условиях затруднительно. В настоящее время проходят испытания *СЗБ*, использующие счетно-импульсные устройства, и датчики, встроенные в сердечник главного полюса тягового электродвигателя.

Конструктивно встроенный частотный датчик представляет собой многовитковую катушку, уложенную в пазы главных полюсов. Схема размещения частотного датчика (частоты вращения) в на-

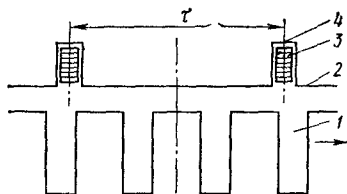


Рис. 165 Схема установки частотного датчика в сердечнике главного полюса тягового электродвигателя:

1 — пазы сердечника якоря; 2 — наконечник сердечника главного полюса; 3 — катушка частотного датчика; 4 — паз в наконечнике сердечника полюса, τ — полюсное деление; $\rightarrow$ направление вращения якоря

конечнике главного полюса тягового электродвигателя приведена на рис. 165. Частотный датчик обеспечивает на выходе сигнал, частота которого однозначно связана с частотой вращения якоря электродвигателя и равна частоте пульсаций f основного магнитного потока:

$$f = \frac{zn}{60},$$

где z — количество зубцов сердечника якоря электродвигателя;
 n — частота вращения якоря электродвигателя.

Системы автоматического регулирования дизель-генераторных установок должны обеспечивать устойчивую работу системы в режимах боксования при заданных максимально допустимых скоростях скольжения колесных пар. Наибольший эффект дает использование тяговых асинхронных электродвигателей и двигателей постоянного тока с независимым возбуждением, а также схем, обеспечивающих жесткие характеристики тягового генератора и тяговых электродвигателей. Опытная эксплуатация тепловоза 2ТЭ10Л, созданного по разработкам МИИТа, с электродвигателями независимого возбуждения показала, что он имеет лучшие тяговые свойства, чем серийные тепловозы 2ТЭ10Л с электродвигателями последовательного возбуждения. Использование различного рода уравнительных соединений для придания жесткости характеристикам тяговых электродвигателей с последовательным возбуждением при боксовании является весьма перспективным. Внедрение системы уравнительных соединений на тепловозе 2ТЭ10В повысило его тяговые свойства. Исследования эффективности уравнительных соединений на тепловозе ТЭМ7 показали увеличение коэффициента использования сцепного веса тепловоза при боксовании примерно на 5% по сравнению с тепловозом, имеющим параллельное соединение тяговых электродвигателей и жесткие динамические характеристики. Так как тяговые свойства тепловозов улучшаются при включении уравнительных соединений и это связано с относительно небольшими изменениями в электрической схеме, то они могут быть использованы как на грузовых, так и на маневровых тепловозах.

Совершенствование тяговых и вспомогательных машин. Увеличение секционной мощности тепловозов, рост мощности вспомогательных агрегатов, отбор большой мощности на электрическое отопление пассажирских вагонов предъявляют требования к основным элементам тягового электрооборудования тепловозов — умень-

шение габаритов, количества машин, приводов и улучшение компоновки. Использование агрегатов с встроенными или расположенными на них выпрямительными установками с общей системой вентиляции является весьма перспективным. Тяговые агрегаты, состоящие из тягового и вспомогательного генераторов, уже применены на тепловозах ТЭП75, 2ТЭ121 и ТЭ120.

Использование полупроводниковых регуляторов, обеспечивающих регулирование возбуждения тягового генератора и генератора собственных нужд, уменьшает количество вспомогательных машин (возбудителей) и дает возможность унифицировать блоки. Такая система возбуждения применена на пассажирском тепловозе ТЭП75 мощностью 4420 кВт, грузовом тепловозе 2ТЭ121 мощностью 2940 кВт и тепловозе с передачей переменного тока ТЭ120.

Уменьшить расход мощности на вентиляцию электрических машин можно, используя централизованное воздухообеспечение и регулирование подачи вентиляторов охлаждения машин в зависимости от нагрева электрического оборудования.

Создание более совершенных систем управления. Системы управления, использующие интегральные схемы, могут обеспечить уменьшение расхода топлива в переходных режимах дизеля. Это особенно относится к маневровым тепловозам, у которых время работы дизелей в переходных режимах составляет 37—47% времени рабочего хода.

Более совершенные системы управления локомотивом позволяют машинисту устанавливать контроллером заданную скорость, а система автоматического регулирования устанавливает необходимую мощность дизель-генераторной установки или включает электрический тормоз в зависимости от профиля пути и массы состава. Такие системы облегчают труд машиниста, повышают пропускную способность и безопасность движения поездов.

Системы диагностики и прогнозирования работы узлов тепловоза создадут условия более надежной их эксплуатации.

39. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ТОРМОЖЕНИЕ

Тепловозы с электрической передачей позволяют применять электрическое торможение (ЭТ). В этом случае тяговые электродвигатели переводятся в генераторный режим работы. Полученная при торможении электрическая энергия рассеивается в виде тепла в тормозных резисторах и частично используется для привода электродвигателей вентиляторов, охлаждающих тормозные резисторы. Электродинамическое торможение дает возможность увеличить скорость движения на уклоне, а следовательно, обеспечить более экономичное ведение поезда; минимально использовать пневматические тормоза (ПТ), что снижает износ тормозных колодок тепловоза и вагонов; повысить безопасность движения поездов (наличие двух тормозов ЭТ и ПТ); реализовать более высокие тормозные усилия, ограниченные по условиям сцепления колес с рельсами, благодаря лучшим противоюзным свойствам.

Электрическое торможение обладает рядом преимуществ по сравнению с ПТ. Это и плавность торможения, быстрота действия, возможность регулирования тормозного усилия и независимость тормозного усилия от воздействия окружающей среды. Регулирование скорости движения поезда ПТ при высоких скоростях малоэффективно, так как тормозная сила резко уменьшается. Длительность работы ЭТ не ограничена, что особенно важно при работе на затяжных спусках. Электрическое торможение обеспечивает подтормаживание поезда для поддержания заданной скорости и снижение скорости до значений (20—30 км/ч), при которых становится эффективным ПТ.

Увеличение скорости движения пассажирских поездов повышает значение ЭТ как эффективного экстренного тормоза. Оборудование тепловозов ЭТ требует дополнительного оборудования и несколько усложняет конструкцию тепловоза.

На экспортных тепловозах V300, ТЭ114 устанавливают электрический тормоз. Построены опытные тепловозы 2ТЭ116, оборудованные ЭТ с автоматическим регулированием скорости. Пассажирские тепловозы ТЭП70, ТЭП75 и мощные грузовые 2ТЭ121, ТЭ125 имеют также ЭТ. Применение ЭТ предусматривается на всех перспективных магистральных тепловозах.

Способы регулирования тормозного усилия и схема электрического тормоза. При ЭТ электродвигатели отключаются от тягового генератора. Обмотки якорей подключаются к тормозным резисторам, а обмотки возбуждения — к источнику питания. В качестве источника питания (возбудителя) используется тяговый генератор, т. е. тяговые электродвигатели при ЭТ имеют независимое возбуждение. Это обеспечивает гибкость управления скоростью движения при плавном регулировании тормозной силы в широком диапазоне ее изменения. Тормозные усилия чаще всего регулируются магнитным потоком, т. е. изменением напряжения генератора путем регулирования частоты вращения вала дизеля или изменения тока возбуждения возбудителя. В большинстве случаев напряжение тягового генератора регулируют за счет изменения тока возбуждения при неизменной частоте вращения (неизменной позиции контроллера). Тормозное усилие можно регулировать также изменением тормозного сопротивления, но это усложняет схему и поэтому не используется.

Тормозные характеристики тепловоза (рис. 166) представляют собой зависимость тормозного усилия от скорости движения $B=f(v)$. Тяговый электродвигатель в тормозном режиме, так же как и в тяговом, имеет ряд ограничений, которыми определяются пределы регулирования тормозных усилий. Такими ограничениями являются: максимальный ток возбуждения, который определяется условиями нагревания катушек главных полюсов; максимальный тормозной ток, ограничиваемый нагреванием обмотки якоря электродвигателя; коммутация — $I_a \cdot v$; сцепление колес с рельсами. Работа по предельным характеристикам, получаем наибольшую эффективность электрического тормоза, но фактически при ведении

поезда необходимо использовать меньшие значения тормозного усилия (регулируемые характеристики).

Регулируемые характеристики могут иметь различный вид в зависимости от того, какой параметр ЭТ выбран в качестве регулируемого. Если регулируемым параметром является ток возбуждения, то характеристики выражаются прямыми линиями, идущими из начала координат; если ток якоря, то характеристики имеют примерно гиперболическую зависимость, а если тормозные усилия, то прямыми, параллельными оси абсцисс. Выбор того или иного вида регулируемой характеристики определяется требованиями, предъявляемыми к режимам торможения.

Для остановочного торможения удобно использовать характеристики с постоянным усилием, так как можно задавать величину замедления поезда независимо от скорости движения. Такие характеристики согласуются с характеристиками ПТ состава.

При подтормаживании на спусках необходимо обеспечить устойчивое поддержание скорости поезда. В этом случае можно использовать характеристики регулирования по току возбуждения и тормозному усилию. Для облегчения управления торможением и повышения точности поддержания скорости применяются системы автоматического регулирования скорости. При помощи рукоятки управления задается скорость на спуске, а тормозное усилие автоматически устанавливается в зависимости от уклона (см. рис. 166).

На тепловозах 2ТЭ116М, имеющих передачу переменного-постоянного тока, в качестве возбудителя используется тяговый синхронный генератор $СГ$, к которому через выпрямительную установку $ВУ$ со стороны постоянного тока подключаются обмотки возбуждения двигателей, соединенные последовательно (рис. 167, а). Якорь каждого электродвигателя включается на отдельный тормозной резистор RT . Для охлаждения тормозных резисторов используются два вентилятора с электродвигателями, имеющими последовательное возбуждение. Каждый электродвигатель вентилятора включен на часть тормозного резистора, секции резисторов включены параллельно. Чтобы обеспечить питание от тягового генератора асинхронных электродвигателей вспомогательных механизмов, в цепь обмоток возбуждения тяговых электродвигателей

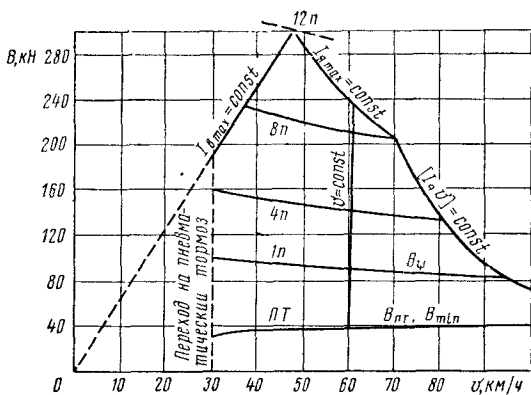


Рис. 166 Тормозные характеристики тепловоза: ПТ — предварительное торможение, 1n—12n — позиции тормозного контроллера

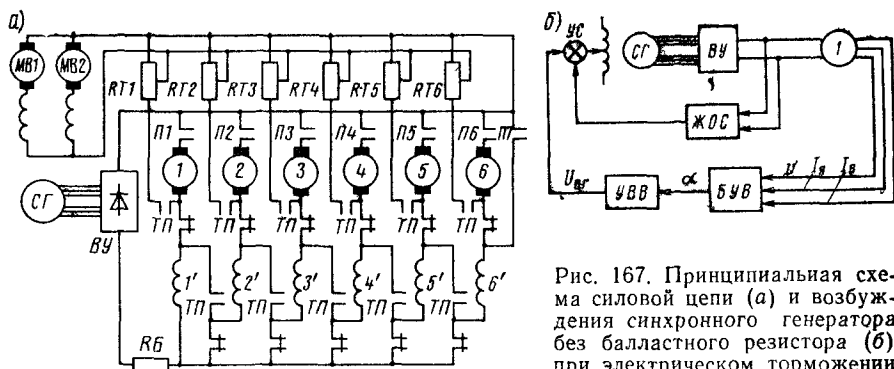


Рис. 167. Принципиальная схема силовой цепи (а) и возбуждения синхронного генератора без балластного резистора (б) при электрическом торможении для тепловоза 2ТЭ116М:

СГ — синхронный генератор, ВУ — выпрямительная установка, ТП — тормозной переключатель; RT_1 — RT_6 — тормозные резисторы; 1—6 — якоря тяговых электродвигателей, ЖОС — жесткая обратная связь, БУВ — блок управления возбуждением, УВВ — управляемый выпрямитель возбуждения, $RБ$ — балластный резистор, 1'—6' — обмотки возбуждения; МВ1, МВ2 — электродвигатели вентиляторов УС — узел сравнения

включены балластный резистор и секции тормозных резисторов, соединенных параллельно. На балластном резисторе $RБ$, включенном в цепь последовательно соединенных обмоток возбуждения тяговых электродвигателей, выделяется тепло, на образование которого затрачивается до 15% мощности дизеля.

Для повышения эффективности ЭТ при оборудовании тепловозов генераторами собственных нужд в НИИТЭМ разработаны схемы, позволяющие исключить $RБ$. Чтобы сохранить работоспособность ЭТ без $RБ$, ввели жесткую отрицательную обратную связь, которая дает возможность получить в зоне высоких скоростей движения напряжение СГ в 3—4 раза ниже, чем оно определяется остаточным намагничиванием полюсов ротора, и уменьшить постоянную времени СГ.

Жесткая обратная связь создается непосредственным подключением выпрямленного напряжения СГ в цепь его возбуждения (рис. 167, б) или через трансформаторный преобразователь. Сигналы обратной связи по скорости v , току обмотки якоря I_a и возбуждению I_v тяговых электродвигателей подаются в блок управления возбуждением БУВ. Выходным сигналом, сформированным в блоке, является угол регулирования α включения тиристоров управляемого выпрямителя УВВ. Напряжение возбуждения $U_{вг}$ синхронного генератора в узле УС сравнивается с сигналом, подаваемым жесткой обратной связью. Сигнал рассогласования поступает в обмотку возбуждения СГ. Схема ЭТ без балластного резистора применена на тепловозах 2ТЭ121 и ТЭП70.

Перевод силовой схемы из тягового режима в тормозной осуществляется тормозным переключателем ТП в обесточенном состоянии. Питание обмотки возбуждения тягового генератора, как и в тяговом режиме, происходит от возбудителя СВ через управляемый выпрямитель УВВ. Это дает возможность главным регулиро-

вать возбуждение тяговых электродвигателей в требуемых пределах. В режиме электрического тормоза тяговый генератор работает на 13-й позиции контроллера машиниста при токах больше 500 А с тем, чтобы обеспечить подачу достаточного количества воздуха в тяговые электродвигатели для их охлаждения. При токах меньших 500 А работа генератора происходит на 11-м положении контроллера. Этим обеспечивается устойчивая работа асинхронных электроприводов (минимальное напряжение генератора достигается при пониженной частоте питания).

Защита тяговой цепи от замыкания на землю и кругового огня на тяговых электродвигателях осуществляется реле заземления. Балластный и тормозные резисторы защищены от перегрузки максимальными реле, настраиваемыми на токи срабатывания 1,2—1,25 I_n . Срабатывание этих защитных реле приводит к отключению электрического тормоза и замене его пневматическим. Защита по минимальному току мотор-вентиляторов осуществляется двумя реле, включенными на падение напряжения на обмотках главных и добавочных полюсов электродвигателей вентиляторов, отключая электрический тормоз при срабатывании.

Управление торможением осуществляется от крана машиниста, имеющего две рукоятки: главную, управляющую давлением в тормозной магистрали, и вспомогательную, управляющую тормозной вставкой.

Тормозная вставка представляет собой переключаемое кулачковое контактное устройство типа контроллера, имеющее нулевое и пять рабочих положений, в том числе положение экстренного торможения. С помощью тормозной вставки дается сигнал на включение электрического тормоза и регулируется тормозное усилие. Главная и вспомогательная рукоятки связаны зубчатой передачей и храповиком. При повороте главной рукоятки одновременно поворачивается и вспомогательная. При этом изменяется давление в тормозной магистрали и значение уставки в селективном узле при электрическом торможении. Таким образом осуществляется пневматическое торможение состава и электрическое торможение локомотива.

Если поворачивать вспомогательную рукоятку, то будет меняться значение уставки в селективном узле, а давление в тормозной магистрали будет оставаться постоянным, так как храповое устройство не позволит поворачиваться главной рукоятке, при этом будет осуществляться электрическое торможение.

На каждом положении вспомогательной рукоятки тормозная сила поддерживается постоянной (см. рис. 166). При экстренном торможении включается последняя ступень, и процесс торможения происходит по ограничительным кривым. Управление торможением осуществляется автоматической системой управления тягового генератора в тормозном режиме (рис. 168).

Сигнал по тормозному току $I_{яд}$ подается в селективный узел СУ при помощи трансформаторов постоянного тока ТПТ1—ТПТ4 через узел выделения максимального тока УВМ.

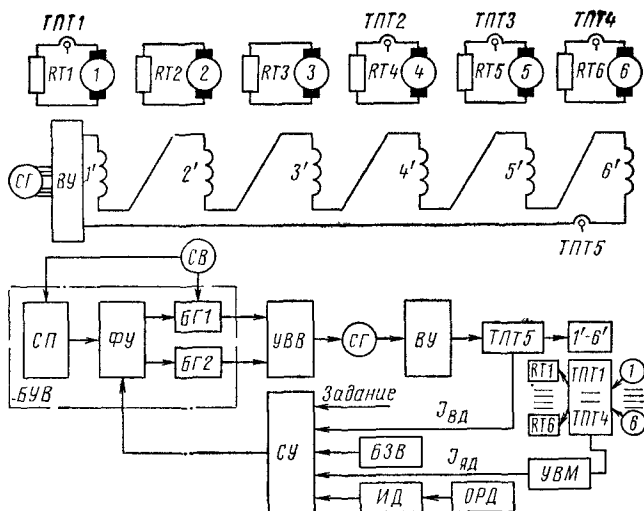


Рис. 168 Функциональная схема управления тяговым генератором при электрическом торможении для 2ТЭ116М

СТ — тяговый генератор; 1—6 — якоря тяговых электродвигателей; ВУ — выпрямительная установка; RT1—RT6 — тормозные резисторы; ТПТ1—ТПТ5 — трансформаторы постоянного тока; 1'—6' — обмотки возбуждения тяговых электродвигателей. СУ — селективный узел; БЗВ — блок задания; ИД — индуктивный датчик; УВМ — узел выделения максимального тока; СП — статический преобразователь. ФУ — фазосдвигающее устройство; БГ1, БГ2 — блокинг-генераторы; УВВ — управляемый выпрямитель; СВ — синхронный возбудитель; БУВ — блок управления возбуждением; ОРД — объединенный регулятор дизеля

Сигнал по току возбуждения двигателей $I_{вд}$ также поступает в СУ при помощи ТПТ5.

При электрическом торможении СУ несколько изменяется по сравнению с СУ для тягового режима. Сигнал задания по частоте вращения вала дизеля подается от блока задания возбуждения БЗВ.

Этот сигнал при ЭТ остается постоянным, так как дизель работает на 13-й или 11-й позиции. Сигнал задания по току возбуждения двигателей подается в СУ через датчик давления в тормозной магистрали. Сигнал задания поступает также от тормозной вставки, определяющей позицию вспомогательной рукоятки. Этот сигнал определяет тормозную силу B_r .

40. ПЕРЕДАЧА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Наиболее важной перспективной работой является создание для тепловозов электрической передачи на переменном токе. При таких передачах целесообразно использовать асинхронные короткозамкнутые электродвигатели, которые при одинаковых параметрах с двигателями постоянного тока имеют меньшие габариты, в 1,2—1,4 раза легче, в 2—3 раза дешевле, практически не имеют ограничений по силе тяги и току и обладают большей надежностью в эксплуата-

ции из-за отсутствия коллектора. Трудность применения асинхронных двигателей для условий тяги заключается в том, что они имеют так называемую *жесткую характеристику*, т. е. частота вращения ротора при постоянном напряжении и частоте почти постоянна при изменении нагрузки.

Регулирование частоты вращения ротора асинхронных электродвигателей возможно изменением числа полюсов и частоты источника питания, а также изменением подводимого напряжения. Изменение числа полюсов дает ступенчатое регулирование скорости в сравнительно небольших пределах, увеличивает габариты, массу и стоимость электрических двигателей.

Несмотря на это, ведутся работы по регулированию скорости путем переключения числа полюсов как у тягового генератора, так и у электродвигателей.

Регулирование частоты машин переменного тока, приводимых во вращение от дизеля, вызывает затруднения, так как тепловозные дизели при определенной мощности работают с постоянной частотой вращения вала.

Это заставляет иметь промежуточные машины, рассчитанные на полную мощность дизеля, что экономически невыгодно, а практически невозможно разместить их на тепловозе. С развитием полупроводниковой техники возможно создать сравнительно компактную и легкую передачу на переменном токе.

Исследования в области создания тепловоза с передачей переменного тока ведутся начиная с 60-х годов на заводе «Электротяжмаш» и в ряде других научных организаций. В 1969 г. в НИИТЭМ был построен и испытан макетный образец тепловоза с электропередачей переменного тока на базе секции турбопоезда. В этом же году ЛИИЖТ оборудовал тепловоз ВМЭ1 асинхронными двигателями и статическим преобразователем.

В 1976 г. построен опытный тепловоз ТЭ120 с передачей переменного тока, разработанной НИИТЭМ, таллинским электротехническим заводом им. Калинина и Ворошиловградским тепловозостроительным заводом мощностью 2940 кВт. На тепловозе установлены тяговый агрегат А711, состоящий из тягового генератора и генератора собственных нужд, и асинхронные тяговые двигатели типа ЭД-900. Двигатель имеет запас по мощности для использования его на тепловозах мощностью 4420 кВт.

Принципиальная электрическая схема передачи тепловоза представлена на рис. 169. Тяговую часть составляют: тяговый синхронный генератор *СГ*, выпрямительная установка *ВУ* типа УВКТ-5, автономные инверторы напряжения *АИ1—АИ6*, шесть тяговых асинхронных короткозамкнутых двигателей *А1—А6*. Тяговый синхронный генератор через две последовательно включенные трехфазные мостовые выпрямительные установки и инверторы *АИ1—АИ6* питает тяговые асинхронные двигатели *А1—А6*.

Силовая схема электропередачи допускает отключение любого блока инвертор — тяговый двигатель с помощью поездных контакторов *П1—П6*.

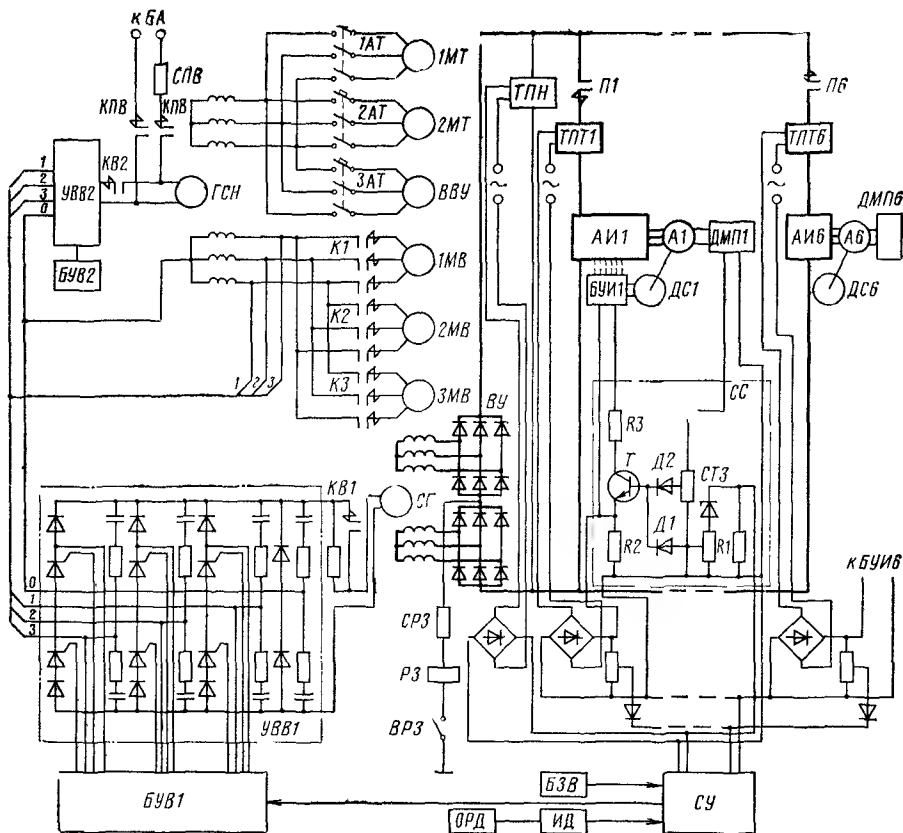


Рис. 169. Принципиальная схема передачи переменного тока:

СГ — синхронный генератор тяговый; ГСН — генератор собственных нужд; БА — батарея аккумуляторная; УВВ1, УВВ2 — управляемые выпрямители возбуждения; БУВ1, БУВ2 — блоки управления выпрямителем; ВУ — выпрямительная установка; 1МТ, 2МТ, ВВУ, 1МВ — 3МВ — электродвигатели вентиляторов тяговых двигателей, выпрямительной установки и холодильника дизеля; РЗ — реле заземления; СРЗ — резистор реле заземления; РВЗ — рубильник; ИД — индуктивный датчик; БЗВ — блок задания возбуждения; СУ — селективный узел; А1—А6 — асинхронные двигатели; АИ1—АИ6 — автономные инверторы; ТПТ1—ТПТ6 — трансформаторы постоянного тока; ТПН — трансформатор постоянного напряжения; БУИ1 — БУИ6 — блоки управления инвертором; ДМП1 — ДМП6 — датчики магнитного потока; ДС1 — ДС6 — датчики скорости; СС — схема сравнения; ОРД — объединенный регулятор дизеля; СПВ — резистор подвозбуждения ГСН; П1—П6 — контакторы поездные; КВ1—КВ2 — контакторы возбуждения; КПВ — контактор подвозбуждения; 1АТ—3АТ — автоматы выключения

Возбуждение тягового генератора осуществляется через управляемый трехфазный выпрямитель возбуждения УВВ1 с питанием от генератора собственных нужд ГСН, входящего в однокорпусный агрегат А711. Генератор собственных нужд работает по схеме самовозбуждения через управляемый выпрямитель возбуждения УВВ2, причем УВВ1 и УВВ2 унифицированы. В момент пуска дизеля, когда напряжение генератора на зажимах ГСН мало, необходимо подвозбуждение его от постороннего источника. На данном

тепловозе цепь подвозбуждения питается от БА (аккумуляторной батареи) и включает в себя резистор ограничения тока СПВ и контакторы подвозбуждения КПВ. Когда напряжение генератора ГСН достигает определенного значения, достаточного для пуска схемы синхронизации блока управления, вступает в работу тиристорный выпрямитель УВВ2. Через некоторое время цепь подвозбуждения отключается от обмотки генератора ГСН. Минимальное напряжение генератора, при котором гарантируется четкая работа блока управления и возможен процесс, равно 70 В.

Система автоматического регулирования тепловоза включает два контура регулирования: возбуждения тягового генератора и частоты питающего напряжения тяговых электродвигателей. Контур регулирования возбуждения тягового генератора мало чем отличается от существующих САР, например, тепловоза 2ТЭ116. Требуемые законы регулирования напряжения тягового генератора составляют три зоны регулирования:

1-я зона $I_d = \text{const}$ (разгон поезда, ток после ВУ поддерживает постоянным, ограничение по току);

2-я зона $P_d = \text{const}$ (езда при использовании постоянной мощности дизеля);

3-я зона $U_d = \text{const}$ (ограничение по напряжению).

Возбуждение СГ регулируется тиристорным выпрямителем возбуждения УВВ1 через блок фазоимпульсного управления БУВ1. Контур регулирования частоты напряжения, питающего асинхронные двигатели А1—А6, является подчиненным по отношению к контуру регулирования возбуждения тягового генератора.

При трогании тепловоза с места для тягового электродвигателя А необходимо выполнять условие $U_1/f_1 = \text{const}$, причем магнитный поток двигателя Φ должен поддерживаться постоянным: $\Phi = \text{const}$. Таким образом, САР частоты напряжения тягового двигателя в 1-й зоне регулирования должна изменять частоту питающего напряжения f_1 при условии постоянства магнитного потока.

В период езды, когда используется гиперболический участок внешней характеристики генератора, ток двигателей снижается по мере увеличения их частоты вращения: $U_d I_d = \text{const}$. Вращающий момент двигателей должен изменяться обратно пропорционально их частоте вращения. При этом регулирование частоты и напряжения должно выполняться по закону $U_1/\sqrt{f_1} = \text{const}$, причем магнитный поток двигателей должен поддерживаться пропорциональным току за счет увеличения питающего напряжения частоты: $\Phi_1 \equiv I_1$.

В зоне ограничения напряжения тягового генератора для двигателей ослабляется магнитный поток двигателей за счет увеличения частоты на выходе инверторов по мере увеличения скорости при условии сохранения постоянства фазного тока: $I_\Phi = \text{const}$. Как видим, регулирование тяговых двигателей можно осуществить, введя в САР обратные связи по напряжению, току и магнитному потоку двигателей. Система автоматического регулирования тепловоза предусматривает как индивидуальное управление частотой каждо-

го из двигателей в отдельности, так и общее регулирование частоты питания всех тяговых двигателей по одному каналу регулирования.

Применение автономных инверторов и систем их регулирования обеспечивает равномерное распределение токовых нагрузок между параллельно работающими тяговыми асинхронными двигателями независимо от отклонения их характеристик и диаметра колесных пар, но при этом усложняется схема передачи.

Опытная эксплуатация тепловоза ТЭ120 даст возможность оценить принятые технические решения и наметить дальнейшие направления работ.

Создание и внедрение на тепловозах электрической передачи переменного тока поднимут отечественное тепловозостроение на новую ступень научно-технического прогресса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тепловоз 2ТЭ10В: Руководство по эксплуатации и обслуживанию / С. П. Филонов, А. Е. Зиборов, П. К. Решетняк и др. М., Транспорт, 1975. 426 с.
2. Тепловоз 2ТЭ116 / С. П. Филонов, В. Е. Быковский, В. Е. Верхогляд и др. М.: Транспорт, 1977. 319 с.
3. Вилькевич Б. Н. Справочник по электрооборудованию тепловозов. М.: Транспорт, 1967. 336 с.
4. Электропередачи тепловозов на переменном-постоянном токе / И. К. Колесник, Т. Ф. Кузнецов, В. И. Липовка и др. М.: Транспорт, 1978. 152 с.
5. Денисова Т. В. Ремонт электрооборудования тепловозов. М.: Транспорт, 1980. 293 с.
6. Правила ремонта электрических машин тепловозов / МПС СССР. М.: Транспорт, 1979. 140 с.
7. Дайненко В. И., Мокненко О. Н. Электрическая схема тепловоза 2ТЭ10В. — Электр. и тепловоз. тяга, 1980, № 2, с. 17.
8. Дайненко В. И., Мокненко О. Н. Электрическая схема тепловоза 2ТЭ10В. — Электр. и тепловоз. тяга, 1980, № 3, с. 22—30.
9. Ермолаев Э. Г., Попадюк В. А., Кабаков А. В. Электрическая схема модернизированных тепловозов 2ТЭ116. — Электр. и тепловоз. тяга, 1979, № 11, с. 17—23.
10. Исследование электрических передач / Под ред. А. А. Будницкого. Киев: 1977. 207 с. (Труды Всесоюз. науч.-исслед. тепловоз. ин-та; Вып. 45).

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Введение

1. Назначение и свойства электрической передачи	3
2. Работа дизель-генераторной установки	6
3. Принципы регулирования тягового генератора	8

Глава I. Электрические машины

4. Общие сведения	10
5. Тяговые генераторы	15
6. Двухмашинные агрегаты. Регулирование напряжения тягового генератора	39
7. Тяговые электродвигатели	47
8. Вспомогательные электрические машины	63
9. Неисправности и ремонт	67
10. Испытания электрических машин	82

Глава II. Аккумуляторные батареи

11. Кислотные аккумуляторы	88
12. Щелочные аккумуляторы	90
13. Устройство аккумуляторных батарей	92
14. Неисправности и ремонт	95

Глава III. Электрические аппараты

15. Общие сведения	101
16. Аппараты управления	109
17. Аппараты автоматического регулирования	131
18. Аппараты защиты	138
19. Контрольно-измерительные и сигнальные приборы	147
20. Аппараты разные	149
21. Возможные неисправности и ремонт	154

Глава IV. Бесконтактные блоки и регуляторы

22. Бесконтактные блоки	162
23. Бесконтактные регуляторы напряжения	168
24. Комплексное противобоксовочное устройство для тепловозов 2ТЭ10Л	171

Глава V. Принципы управления и регулирования электрической передачи

25. Управление тепловозом и электрической передачей	174
26. Регулирование тяговых электродвигателей	176
27. Регулирование тягового генератора	184
28. Дополнительное регулирование мощности дизель-генератора	196
29. Схемы возбуждения генераторов тепловозов ТЭ10, ТЭП60, 2ТЭ10Л и 2ТЭ10В	200
30. Тиристорная схема возбуждения синхронного тягового генератора	204
31. Схемы пуска дизеля и защиты	211

Глава VI. Схемы электрических соединений тепловозов

32. Типы электрических схем	214
33. Схемы электрических соединений тепловоза 2ТЭ10В	215
34. Схемы электрических соединений тепловоза ТЭМ2	235
35. Схема электрических соединений тепловоза 2ТЭ116	247

Глава VII. Основные направления развития
электрической передачи

36. Общие положения	261
37. Передачи новых тепловозов	265
38. Совершенствование электрической передачи	273
39. Электрическое торможение	275
40. Передача переменного тока	280
Список литературы	285

КСЕНИЯ ИВАНОВНА РУДАЯ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ТЕПЛОВЗОВ

Редактор *Н. П. Киселева*

Переплет художника *Е. Н. Волкова*

Технические редакторы *Л. И. Широкогорова, Л. А. Кульбачинская*

Корректор *В. Н. Яговкина*

ИБ № 1064

Сдано в набор 23.02 81. Подписано в печать 19 08 81. Т-23949
Формат 60×90^{1/16}. Бум. тип. № 3. Гарнитура литературная.
Высокая печать Усл. печ л. 18. + 1 цв вкл Усл кр-отт 22
(в обл. 22,38) Уч.-изд л. 21,16 + 1,54 вкл. Тираж 60 000 экз.
Заказ 121 Цена в переплете № 7 1 руб.; в обложке 80 коп.
Изд. № 1-1-3/1 № 9022
Издательство «ТРАНСПОРТ», 107174, Москва, Басманный туп., 6а

Московская типография № 4 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли,
129011, Москва, Б. Переяславская, 46